This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

COUNTWAY LIBRARY
HC 1H7A L

Ed. von Freudenreich

Die Bakteriologie in der Milchwirtschaft

Dritte Auflage.

Jena, Verlag von
Gustav Fischer
1906

Digitized by Google

Harvard Medical School

LIBRARY OF HYGIENE

FROM THE LIBRARY OF

CHARLES HARRINGTON

INSTRUCTOR IN HYGIENE, 1885–1898
ASSISTANT PROFESSOR OF HYGIENE, 1898–1906
PROFESSOR OF HYGIENE, 1906–1908

GIFT OF

MRS. CHARLES HARRINGTON

NOVEMBER 30, 1908

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Bakteriologie

in der

Milchwirtschaft.

Kurzer Grundriß zum Gebrauche für Molkereischüler, Käser und Landwirte

von

Dr. Ed. von Freudenreich

Vorstand des bakteriologischen Laboratoriums der schweizerischen landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsanstalten in Bern.

Dritte vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 4 Abbildungen im Text und einer Tafel.

Verlag von Gustav Fischer in Jena
1906.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Bakteriologie

in der

Milchwirtschaft.

Kurzer Grundriß zum Gebrauche für Molkereischüler, Käser und Landwirte

von

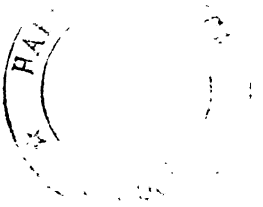
Dr. Ed. von Freudenreich
Vorstand des bakteriologischen Laboratoriums der schweizerischen landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsanstalten in Bern.

Dritte vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 4 Abbildungen im Text und einer Tafel.

Verlag von Gustav Fischer in Jena
1906.

Digitized by Google



Alle Rechte vorbehalten.

Digitized by Google

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorwort 5
Vorwort zur zweiten Auflage 6
Vorwort zur dritten Auflage 6

Allgemeiner Teil.

Einleitung 7
Geschichtliches 8
Morphologie und Physiologie der Bakterien 10
1. Definition 10
2. Bau 10
3. Form 10
4. Bewegung 12
5. Größenverhältnisse 12
6. Vermehrung 12
7. Klassifikation 14
8. Lebensbedingungen 15
a) Temperatur 15
b) Sauerstoff 15
c) Nahrung 15
9. Saprophyten und Parasiten. Pathogene Bakterien 15
10. Verschiedene Lebensäußerungen der Bakterien 18
11. Widerstandskraft gegen äußere Einflüsse 18
Die Methoden der Bakteriologie 19
Fundorte der Bakterien 23
Andere Mikroorganismen 24
1. Hefe 24
2. Fadenpilze 24
a) Penicillien 25
b) Aspergillen 25
c) Mucorineen 25
d) Oidium 25
3. Streptothricheen 25

Spezieller Teil.

Die Bakterien in der Milch und ihre Vermehrung in derselben 26
Die in der Milch und den Milchprodukten vorkommenden Mikroorganismen und ihre Wirkungen 33
I. Die in der Milch vorkommenden pathogenen Bakterien 34
1. Tuberkelbazillen 34
2. Typhusbazillen 39

Digitized by Google

Seite

3. Cholerabazillen 40
4. Andere pathogene Bakterien 41
II. Die gewöhnlichen Milchbakterien 42
A. Bakterien, die mit Vorliebe den Milchzucker angreifen 42
1. Milchsäurebakterien 42
2. Buttersäurebakterien 47
B. Bakterien, die hauptsächlich das Kaseïn zersetzen 47
C. Bakterien und Schimmelpilze, die das Milchfett angreifen können . . . 49
D. Bakterien, die besondere Erscheinungen in der Milch hervorrufen . . . 49
1. Blaue Milch 49
2. Rote Milch 51
3. Gelbe Milch 52
4. Bittere Milch 52
5. Seifige Milch 53
6. Fadenziehende Milch 54
E. Andere Mikroorganismen in der Milch 59
III. Bakterien und andere Mikroorganismen in Milchprodukten 60
1. Bakterien im Käse 60
a) Normale Käsegärung oder Reifung 60
b) Anormale Käsegärung und Käsefehler 73
2. Bakterien im Lab und Käsereisauer 77
3. Bakterien in der Butter 78
4. Kefir 79
5. Joghourt 80
Futtermittel und Milchfehler 80
Haltbarmachung und Sterilisierung der Milch 81
I. Chemische Konservierungs- und Sterilisierungsmittel 82
1. Soda 84
2. Salizylsäure 84
3. Borsäure 85
4. Borax 85
5. Ätzkalk 85
6. Wasserstoffsuperoxyd 85
7. Formaldehyd 85
II. Physikalische Konservierungs- und Sterilisierungsmittel 86
1. Filtration 86
2. Elektrizität 86
3. Kälte 86
4. Konservierung durch Hitze 87
a) Sterilisierung der Milch 88
b) Pasteurisierung der Milch 89
Die zu befolgenden Regeln bei Auftreten von Milchkrankheiten 95

Digitized by Google

Vorrede zur ersten Auflage.

Vorliegendes Büchlein hat vor Allem den Zweck, Molkereischülern als kurzer Grundriß der Bakteriologie in ihrer Anwendung auf die Milchwirtschaft zu dienen. Es gibt zwar bereits sehr viele und gute Bücher über diesen Gegenstand, wie diejenigen von Scholl und Kramer in deutscher und von Duclaux in französischer Sprache. Dieselben sind jedoch mehr für solche bestimmt, die selbst bakteriologisch arbeiten wollen und daher für zukünftige Käser und Milchtechniker nur zu gelehrt und ausführlich. Für letztere handelt es sich ja bloß darum — und nach diesem Grundsatze erteile ich meinen bakteriologischen Unterricht in der Molkereischule der Rütti — einen allgemeinen Begriff der Bakteriologie zu gewinnen und sich mit den bisherigen Ergebnissen bakteriologischer Forschung auf milchwirtschaftlichem Gebiete und deren Anwendung auf die Praxis vertraut zu machen. Demgemäß habe ich aus dem allgemeinen Teile der Bakteriologie (Kultur- und Färbemethoden, Morphologie u. s. w.) nur gerade soviel aufgenommen, als zum Verständnis des speziellen Teiles (Die Bakterien der Milch) absolut erforderlich ist und überhaupt das Ganze so kurz und elementar als möglich gehalten. Aus diesem Grunde und mit Rücksicht auf seinen bescheidenen Preis mag dieses Büchlein auch bei bereits ausgebildeten Käsern, welche früher nicht Gelegenheit hatten, über Bakterien etwas zu hören, sowie bei Landwirten überhaupt, Eingang finden.

Digitized by Google

Vorrede zur zweiten Auflage.

Seit dem Erscheinen dieses Büchleins hat die Bakteriologie nicht nur im Allgemeinen, sondern speziell auch auf dem Gebiete der Milchwirtschaft manche neue Tatsachen ans Licht gefördert. Die erste Auflage weist somit bereits manche Lücken auf. Zweck der zweiten Auflage ist es daher, die Molkereischüler, denen vor allen dieses Werkchen als Leitfaden dienen soll, mit den neuesten, dieses Gebiet berührenden Tatsachen bekannt zu machen. Der Plan ist jedoch derselbe geblieben und das Büchlein enthält nur dasjenige, was für Käser und Molkereitechniker von Nutzen sein kann. Am wenigsten verändert ist daher der allgemeine Teil. Im speziellen Teil dagegen hat besonders das Kapitel über Käsereifung und Milchbakterien eine teilweise Umgestaltung erfahren, um es mit dem heutigen Stand der Wissenschaft in Einklang zu bringen.

Vorrede zur dritten Auflage.

Auch in dieser dritten Auflage ist an dem Plane dieses Büchleins nichts geändert worden. Das Inhaltsverzeichnis ist daher fast das gleiche geblieben. Der Inhalt verschiedener Kapitel jedoch ist teils gänzlich umgearbeitet, teils vervollständigt worden, da in den letzten Jahren wieder eine Reihe von Arbeiten auf diesem Gebiete erschienen sind, die Berücksichtigung finden mußten.

Digitized by Google

Allgemeiner Teil.

Einleitung.

Seit einigen Jahrzehnten hat sich auf dem Gebiete der Gärungen, der Infektionskrankheiten und analoger Prozesse eine völlige Umwälzung vollzogen. Während früher diese Erscheinungen auf rein chemische Vorgänge zurückgeführt wurden (Gärungstheorie von Liebig, humorale oder Säftetheorie u. s. w.), haben neuere Arbeiten, wie diejenigen von Pasteur, Koch u. A. m. den Nachweis geliefert, daß dieselben der Tätigkeit kleinster Lebewesen, der sog. Mikroorganismen ihre Entstehung verdanken. In neuerer Zeit freilich haben sich diese einander scheinbar schroff gegenüber stehenden Ansichten insofern genähert, als vielfach gezeigt wurde, daß die Wirkungen dieser Mikroorganismen auf die Bildung chemischer Fermente, der sog. Enzyme, zurückzuführen sind. In letzter Linie beruhen daher die von den Mikroorganismen in der toten oder lebendigen Materie bewirkten Umsetzungen auf chemischen Eingriffen, die Ursache der letzteren bleibt jedoch die Lebenstätigkeit dieser Mikroorganismen. Auch für die Milchwirtschaft sind diese neuen Theorien von größter Bedeutung gewesen, denn die Gärungen und Änderungen, welchen die Milch und ihre Produkte ausgesetzt sind, wie z. B. die Milchsäuerung, eine Anzahl Milchfehler, die Käsereifung u. A. m., sind, wie wir sehen werden, das Resultat der Einwirkung verschiedener Mikroorganismen. Freilich hat man dieses spezielle Gebiet erst seit wenigen Jahren in Angriff genommen und viele diesbezügliche Fragen harren noch ihrer Lösung, indessen sind bereits so wichtige Resultate ans Licht gefördert worden, daß es heutzutage für einen Molkereischüler oder Käser ein absolutes Bedürfnis ist, sich einen Einblick in diesen neuen Wissenszweig zu verschaffen, weil nur auf diese Weise ein richtiges Verständnis für die Behandlung der Milch und ihrer Produkte zu gewinnen ist.

Digitized by Google

Die Mikroorganismen, unter welchen man, wie gesagt, kleinste Lebewesen versteht, die dem bloßen Auge nicht sichtbar sind und nur mit Hilfe starker Vergrößernng durch das Mikroskop wahrgenommen werden können, zerfallen nun in sehr verschiedene Gattungen. Man unterscheidet besonders die sog. Bakterien (auch Mikroben genannt), die uns hier am meisten beschäftigen werden, die Hefezellen, die bei der Wein- und Biergärung eine Hauptrolle spielen, und die Schimmelpilze. Bevor wir jedoch diejenigen Mikroorganismen, insbesondere die Bakterien, welche für die Milchwirtschaft von Bedeutung sind, besprechen, müssen wir sie vor Allem im Allgemeinen kurz betrachten, um ihren Bau und ihre Lebensäußerungen, sowie die Methoden, mittelst deren man sie studiert, kennen zu lernen.

Geschichtliches.

Unter Bakterien, der Hauptgruppe der Mikroorganismen, versteht man heutzutage kleinste mikroskopische, einzellige pflanzliche Organismen. Das Verdienst, zuerst Bakterien gesehen und diese neue Welt erschlossen zu haben, gehört Athanasius Kircher, der bereits im Jahr 1671 mit den ihm zur Verfügung stehenden noch sehr unvollkommenen optischen Instrumenten in faulendem Fleisch, in Milch u. s. w. kleine Lebewesen sah, die er als „kleine Würmer" bezeichnete. Näher beschrieben wurden sie später von Leuwenhoek. Derselbe, ein schlichter Privatmann, der vor ca. 300 Jahren in Delft (Holland) lebte, hatte sich ein einfaches Mikroskop konstruiert und mit Hilfe dieses Instrumentes allerlei Stoffe untersucht. Zum Erstaunen der damaligen Gelehrtenwelt demonstrierte er in faulenden Flüssigkeiten, im Speichel u. s. w. diese noch wenig bekannten Organismen. Auch Zeichnungen derselben entwarf er, in welchen sich ganz deutlich unsere heutigen Bakterien erkennen lassen. Da indessen zu dieser Zeit noch keine Methoden bekannt waren, diese Gebilde zu isolieren und zu züchten, so war man ganz im Unklaren über deren Natur. So blieb es noch lange Jahre und erst gegen 1830, als der bekannte Naturforscher Ehrenberg mit Hilfe besserer optischer Instrumente dieses Studium wieder aufnahm, machte die Kenntnis der Bakterien einige Fortschritte. Seine Beschreibungen sind sehr wertvoll, der Mangel an Kulturmethoden hinderte ihn jedoch ebenfalls, die wahre Natur dieser Lebewesen zu erkennen, und er rechnete sie daher noch zu den Infusionstierchen. Einige Jahre später brachte Ferd. Cohn neues Licht in diese Fragen, indem er zeigte, daß die Bakterien wahre Pflanzenzellen sind, daß sie wie diese wachsen und sich teilen,

Digitized by Google

in ihrem Bau mit ihnen übereinstimmen und durch eine Reihe von Zwischengliedern mit den höher stehenden Arten, den Algen, verbunden sind. Den größten Fortschritt auf diesem Gebiete brachte indessen Pasteur, welcher die Mittel zeigte, diese Lebewesen in sog. Reinkulturen zu züchten, wodurch erst ihr genaues Studium möglich gemacht wurde.

Bevor wir nun aber an der Hand dieser neuen Methoden die Bakterien im Allgemeinen uns näher ansehen, ist noch die Frage zu berühren, woher dieselben kommen. An diese Frage knüpft sich nämlich ein langdauernder Streit, der schon im 18. Jahrhundert entbrannte und der, wie wir gleich sehen werden, die weitgehendsten Folgen für die Wissenschaft hatte. Während nämlich die Einen dieselben für bloße Verfallsprodukte der organisierten Materie, für eine bloße Transformation derselben hielten, glaubten die Anderen, daß sie stets ihren Ursprung bereits vorhandenen Keimen verdankten. Erstere Meinung wird bezeichnet als Heterogenese*) oder Spontanzeugung, die zweite als Homogenese**) oder Panspermie. Auf Seite der Verfechter ersterer Ansicht stand besonders Needham (1747). Derselbe kochte Fleischsaft, in der Meinung, dadurch alles Leben darin zu zerstören, und als er denselben später doch faulen sah, nahm er an, daß die nunmehr erschienenen Bakterien aus demselben hervorgegangen seien. Dagegen zeigte Spallanzani (1777), daß bloßes Aufkochen nicht immer genügt, um alle lebendigen Keime zu zerstören, daß man aber bei sorgfältigerem Aufkochen solcher Flüssigkeiten und Abhaltung der Luft und der in derselben stets befindlichen Bakterienkeime, Fleischsaft u. dgl. ganz gut gegen späteres Faulen schützen kann. Der Streit schwankte indessen noch lange hin und her, bis Pasteur in mustergültiger Weise bewies, daß die in der uns umgebenden Luft befindlichen Bakterien die Ursache aller Fäulnis sind, indem er zeigte, daß wenn man Blut, Harn u. s. w. in solcher Weise auffängt, daß sie von diesen Keimen nicht verunreinigt werden können und in keimfreien, oder wie man auch sagt, sterilen Gefäßen aufbewahrt und gegen Luftinfektion schützt, diese Flüssigkeiten beliebig lange haltbar bleiben. Dieser theoretische Streit hat aber wichtige praktische Tragweite und daher haben wir ihn etwas ausführlicher wiedergegeben. Wäre nämlich die Ansicht der Heterogenisten die richtige, dann wäre ja jedes Ankämpfen gegen die schädlichen Bakterien eine unnütze Arbeit, denn immer

*) d. h. Entstehung aus etwas Anderem.
**) d. h. Entstehung aus etwas Ähnlichem.

Digitized by Google

und immer wieder würden sie sich von selbst neu bilden. Ist es dagegen richtig, und dieses ist glücklicherweise der Fall, daß nur da Bakterien auftreten, wo deren Keime vorher vorhanden waren, so wird es genügen, letztere fernzuhalten, um damit die Entstehung der Bakterien zu verhindern.

Morphologie und Physiologie der Bakterien.

1. Definition. Wir haben bereits gesagt, daß die Bakterien mikroskopische, d. h. nicht mit dem bloßen Auge, sondern nur mit dem Mikroskope sichtbare einzellige pflanzliche Organismen sind. Auf einer so niederen Stufe des Lebens gelingt es freilich schwer, zwischen Tier- und Pflanzenreich eine scharfe Grenze zu ziehen, doch wird heutzutage ihre Pflanzennatur allgemein angenommen. Am nächsten im Pflanzenreiche stehen sie den Algen, sie haben jedoch kein Chlorophyll (Blattgrün*)).

2. Bau. Die Bakterien bestehen aus einem Inhalt, umhüllt von einer Haut, der sog. Membran. Der Inhalt ist Pflanzeneiweiß, Protoplasma, die Membran ist wahrscheinlich ein Umwandlungsprodukt der äußersten Zellschicht. Andere glauben, daß sie aus einer zelluloseartigen Substanz bestehe. Diese Membran kann zuweilen gallertartig aufquellen, der Bakterienleib ist dann von einer sog. Kapsel umschlossen. Ob im Innern des Protoplasmas ein sog. Kern vorkommt, ist bis jetzt noch nicht mit Sicherheit entschieden, aber viele Gründe sprechen für die Existenz desselben. Solche Fragen sind eben wegen der Kleinheit dieser Objekte nicht leicht zu lösen.

3. Form. Die Form der Bakterien kann eine sehr verschiedene sein. Viele Bakterien sind kugelrund. Diese nennt man Kokken, Mikrokokken (micrococcus), siehe Fig. 1 *a*. Sind die Kokken nicht vereinzelt, sondern gewöhnlich zu zweien gelagert, so spricht man von Diplokokken (Fig. 1 *b*). Treten sie in Kettenform auf (Fig. 1 *c*), so nennt man sie Streptokokken. In Traubenform geordnet, heißen sie Staphylokokken (Fig. 1 *d*). Die Bakterien können aber auch Stäbchenform haben. Sind die Stäbchen ganz kurz, so spricht man von einem Bakterium (Fig. 1 *e*). Sind sie länglich, so nennt man sie Bazillus (Fig. 1 *f*). Zu sehr langen Fäden auswachsend, heißen sie auch Leptothrix. Die Bazillen können aber auch statt gerade, gekrümmt oder wie ein Korkzieher gewunden sein. Man spricht dann

*) Es sind nur ganz wenige Ausnahmen bekannt.

Digitized by Google

von Krummstäbchen (z. B. die Kommabazillen der Cholera) oder Spirillen (Fig. 1 *g*). Andere Arten zeigen unechte*) Verzweigungen (Fig. 1 *h*) sog. Kladothrixarten.

Diese Formen hat man sich jedoch nicht als etwas Konstantes, Unabänderliches zu denken, sie entsprechen daher nicht verschiedenen

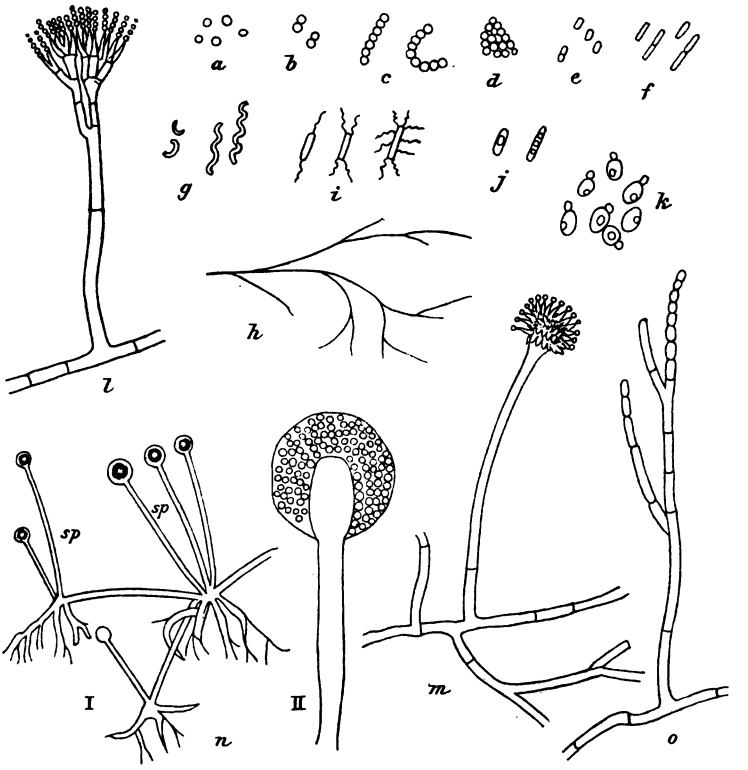


Fig. 1.

a Kokken. *b* Diplokokken. *c* Streptokokken. *d* Staphylokokken. *e* Bacterium. *f* Bazillen. *g* Krummstäbchen und Spirillen. *h* Kladothrix. *i* Bazillen mit Geißeln. *j* Bazillen mit Sporen. *k* Hefezellen. *l* Penicillium glaucum. *m* Aspergillus. Mycel mit Konidienträgern. *n* Mucor (stolonifer). I Mycel mit Fruchträgern. II Längsdurchschnitt durch ein Sporangium, in welchen die Sporen sich gebildet haben (stark vergrößert). *o* Oïdium lactis.

---

*) „Echte" Verzweigungen, d. h. durch seitliche Sprossung entstandene Verästelungen besitzen dagegen die Fadenpilze und Streptothricheen. Die Verzweigungen der Kladothrixarten sind „unechte", weil sie nur dadurch entstehen, daß zwei benachbarte Elemente des Fadens sich voneinander lösen und unabhängig voneinander, obwohl örtlich zusammenhängend, weiter wachsen.

Digitized by Google

Arten von Bakterien, sondern sind oft bloß Wuchsformen der gleichen Bakterie. So kennt man z. B. Bakterien, die, wenn sie noch jung sind, in Kokkenform auftreten und später zu Bazillen auswachsen und selbst ganz lange Leptothrixfäden bilden können. Gewöhnlich aber bleibt die eine Form bevorzugt, so daß diese Formunterschiede zur Bezeichnung der verschiedenen Bakterien wohl zugezogen werden können.

4. Bewegung. Einzelne Bakterien sind unbeweglich, andere dagegen führen willkürliche Bewegungen aus und zwar mittelst sog. Geißelfäden (Fig. 1 *i*), die ihnen als Bewegungsorgane dienen. Je nach Zahl und Insertion der Geißeln spricht man von monotricher, amphitricher, lophotricher und peritricher Begeißelung*). Ihre Bewegungen können äußerst rasche oder langsam schlängelnde sein.

5. Größenverhältnisse. Wie bereits gesagt wurde, sind die Bakterien so klein, daß man sie mit bloßem Auge nicht wahrnehmen kann. Als Maßeinheit braucht man das sog. Mikron (μ),**) d. h. der tausendste Teil eines Millimeters. Die meisten Bakterien sind ein oder höchstens einige Mikron lang, woraus sich berechnen läßt, daß in einem Kubikmillimeter ca. eine Milliarde Bakterien Platz haben können.

6. Vermehrung. Wie alle lebenden Wesen können sich die Bakterien auch vermehren. Dieses geschieht meist durch Zweiteilung, d. h. das Bakterium teilt sich in zwei Teile, von denen jeder für sich weiter lebt und sich seinerseits später teilt. Verfolgt man diesen Vorgang unter dem Mikroskop, so sieht man den Kokkus oder Bazillus sich etwas ausdehnen und in der Mitte sich immer mehr zusammenschnüren, bis die zwei Teile frei werden. Daher hat man die Bakterien auch Spaltpilze (Schizomyceten) genannt. Über die Schnelligkeit der Vermehrung der Bakterien sagt Cohn folgendes:

„Wir nehmen an, daß eine Bakterie sich innerhalb einer Stunde in zwei, diese wieder nach einer Stunde in vier, nach drei Stunden in acht teilen und so fort, nach 24 Stunden beträgt die Zahl der Bakterien bereits über $16\frac{1}{2}$ Millionen; nach zwei Tagen würden sie zu 47 Trillionen anwachsen; nach einer Woche würde ihre Anzahl sich nur durch eine Ziffer von 51 Stellen ausdrücken lassen. Nach 24 Stunden würden die aus einem einzigen Stäbchen hervorgegangenen Bakterien

*) Monotriche Begeißelung = eine einzige Geißel an einem Ende.
Amphitriche Begeißelung = eine Geißel an jedem Ende.
Lophotriche Begeißelung = ein Geißelbüschel an einem Ende.
Peritriche Begeißelung = Geißeln ringsum angeordnet.

**) μ, grichischer Buchstabe = m.

Digitized by Google

etwa den 40. Teil eines Kubikmillimeters einnehmen, aber am Ende des folgenden Tages schon 442 Kubikzentimeter und in weniger als fünf Tagen das ganze Weltmeer, ca. 958 Millionen Kubikmeter".

Ein Bazillus mag nach Cohn 0,000,000,001,571 Milligramm wiegen, 636 Milliarden Bakterien 1 Gramm, 636,000 Milliarden ein Kilo. Nach 24 Stunden wäre das Gewicht der Nachkommenschaft eines Bazillus = $^1/_{40}$ Milligramm, nach zwei Tagen = 1 Pfund, nach drei Tagen = $7^1/_2$ Millionen Kilo.

Es ist klar, daß diese Berechnungen nur hypothetische sind und auf der Annahme beruhen, daß kein Hindernis dieser schnellen Vermehrung entgegenträte. Dem ist aber glücklicherweise nicht so, da Mangel an Nahrung und andere Umstände hemmend in den Weg treten. Diese Zahlen geben uns jedoch ein sprechendes Bild von der Lebensenergie dieser kleinsten Lebewesen. Später werden wir auch sehen, wie ungeheuer und rasch sie sich z. B. in der Milch vermehren können.

Einzelne Arten, z. B. die Kladothrixarten, teilen sich nicht, sondern wachsen in die Länge und bilden lange Fäden mit unechten Verzweigungen. Einige Kokken teilen sich nicht bloß in einer Richtung, wodurch die erwähnten Diplokokken und Streptokokken entstehen, sondern nach drei Richtungen zugleich; sie bilden dann nicht einfache Reihen, sondern Klumpen, die Waarenballen ähnlich aussehen; diese Kokkenarten nennt man Sarzinen.

Eine zweite, sehr wichtige Fortpflanzungsweise ist die Bildung von sog. Sporen oder Dauerformen. Jedoch bilden nicht alle Bakterien Sporen, sondern nur einzelne Arten. Unter gewissen Verhältnissen sieht man nämlich bei einigen Bazillenarten und auch bei einigen Kokkenarten das Protoplasma sich an einzelnen Stellen zusammenziehen und einen, selten zwei, lichtbrechende, kugelige oder ellipsoidische Körper bilden, welche die Sporen sind (Fig. 1 *f*). Die Hülle des Bazillus zerfällt und die Sporen werden frei und keimen später zu neuen Bazillen aus. Die Bildung der Spore ist, wie jetzt angenommen wird, immer endogen, d. h. sie erfolgt im Innern der Bakterienzelle. Es gibt runde und ovale, mittelständige und endständige Sporen. Wird die Bakterienzelle durch das Wachstum der Spore in den mittleren Partien aufgetrieben, so erhält man sog. Clostridium-Formen, erfolgt die Ausweitung kopfartig am Zellende, die Plektridium- oder Trommelschlägerform.

Im Gegensatze zu diesen endogenen Sporen haben einige Forscher von sog. Arthrosporen gesprochen. Hier soll sich nicht die Spore im

Digitized by Google

Innern des Bazillenleibes bilden, sondern eine ganze Zelle soll sich ablösen und sich zu einer Spore umbilden, die fähig ist, später wieder auszukeimen. Diese Arthrosporen sind indessen etwas hypothetischer Natur und bis auf weiteres wird es besser sein, sich die Sporen als endogene Bildungen zu denken, oder wie man auch sagt „Endosporen".

Die Sporen sind viel dauerhafter und widerstandsfähiger als die Bakterien, aus denen sie hervorgegangen sind, und werden daher auch als Dauerformen bezeichnet.

Keimung der Sporen. Bei der Keimung streckt sich die Spore, ihr Inhalt verliert seinen hellen Glanz, die Sporenhaut wird gesprengt und der junge Bazillus schlüpft aus derselben heraus. Gewisse Umstände begünstigen die Bildung der Sporen, z. B. die Temperatur und die Gegenwart von Sauerstoff; auch scheinen bei Mangel an Nahrung verschiedene Bakterien ihre Existenz durch Sporulation zu sichern.

7. Klassifikation. Da die Bakterien eigentlich noch wenig bekannt sind, auch jeden Tag neue Arten entdeckt werden, ist eine genaue Klassifikation derselben eine schwer zu lösende Aufgabe. Auf Grund ihrer Formverhältnisse und innerer Vorgänge, wie Sporenbildung und vegetative Zustände, hat man es vielfach versucht, sie unter einige Hauptgruppen unterzubringen, alle diese Klassifikationen haben jedoch etwas Gekünsteltes und haben keinen Anspruch auf definitive Geltung. Will man der Uebersicht halber absolut eine Klassifikation vornehmen, so dürfte sich am ehesten folgende summarische Einteilung empfehlen:

I. Kokkaceen (d. h. kokkenähnlich).
   1. Mikrokokken, Teilung unregelmäßig nach verschiedenen Richtungen;
   2. Streptokokken, Teilung (fast) nur nach einer Richtung des Raumes;
   3. Sarzinen, Teilung nach drei Richtungen des Raumes.

II. Bakteriaceen.
   1. Kurzstäbchen (Bakterium), ohne endogene Sporen.
   2. Bazillen mit endogenen Sporen.

III. Spirillaceen (Spirillen).
   1. Vibrionen, Zellen kurz, schwach bogig gekrümmt, starr, mit einer polaren Geißel;
   2. Spirillen, Zellen lang, spiralig gekrümmt, starr, mit einem meist polaren Geißelbüschel;

Digitized by Google

3. Spirochaeten, biegsam, lang-spiralig gewundene Fäden darstellend, Geißeln unbekannt.

IV. Kladothricheen (Formen mit unechten Verzweigungen).

8. Lebensbedingungen. Um leben und sich vermehren zu können, bedürfen die Bakterien wie alle lebenden Wesen gewisser Bedingungen:

a) Erstens bedürfen sie einer günstigen Temperatur. Diese ist verschieden, je nach der Art der Bakterien, im Allgemeinen ist ihnen eine Temperatur nicht unter 15° C und nicht über 40° C am zuträglichsten, meist etwa 25° — 35° C. Jedoch gibt es Bakterien, die noch bei 0° sich zu vermehren vermögen, andere selbst bei 60° — 70° C (sog. thermophile Arten, zuerst von Miquel und Globig näher studiert).

b) Sauerstoff. Ein großer Teil der Bakterien bedarf des Sauerstoffes der Luft zum Leben; diese nennt man aërobe Bakterien; andere dagegen entwickeln sich nur in Abwesenheit desselben: anaërobe Bakterien. Je nachdem dieses Verhältnis zum Sauerstoff ein absolutes oder nurrelatives ist, spricht man von obligat aëroben und anaëroben Bakterien und von fakultativ aëroben und anaëroben Bakterien. So können z. B. die Bakterien des Tetanus (Starrkrampf) oder des Rauschbrandes nur gedeihen, wenn man sie gegen die Einwirkung des Sauerstoffes schützt; sie sind daher obligat anaërobe Bakterien. Andere Bakterien dagegen, wie Milzbrandbakterien sind aërob, können aber auch ohne Sauerstoff eine Zeitlang leben; sie sind fakultativ aërobe Bakterien.

c) Nahrung. Wie die übrigen Organismen, müssen die Bakterien sich ernähren, um leben und sich vermehren zu können. Ihre Nahrung entnehmen sie den kohlenstoff- und stickstoffhaltigen Körpern und den Salzen. Da sie kein Chlorophyll besitzen, können sie, mit Ausnahme der nitrifizierenden Bakterien, den Kohlenstoff nicht aus reiner Kohlensäure hernehmen und sind daher auf bereits vorgebildete Kohlenstoffverbindungen angewiesen. Den Stickstoff entnehmen sie der organischen Substanz (Eiweißstoffe) oder auch anorganischen Körpern (Salpetersäure und Ammoniakverbindungen).

9. Saprophyten und Parasiten. Je nachdem die Bakterien ihre Nahrung toten oder lebendigen Körpern entnehmen, teilt man sie ein in Saprophyten und Parasiten. Letztere erfordern einen lebenden Organismus, in welchem sie als Schmarotzer leben; können sie nur auf diesem leben, so spricht man von obligaten Parasiten, können sie nebenbei auch auf toten Substraten (d. h. auf toter Substanz) leben, so nennt man sie fakultative Parasiten. Die Saprophyten

Digitized by Google

dagegen leben auf toten Teilen organischer Herkunft und werden ebenfalls in obligate und fakultative Saprophyten eingeteilt. Die Krankheitserreger oder sog. pathogenen Bakterien gehören also zu den Parasiten, da sie im lebenden Organismus leben und sich vermehren. Die pathogenen Bakterien bilden den Gegenstand eines der interessantesten Kapital der Bakteriologie, wegen der Rolle, die sie bei der Hervorbringung der verschiedensten Krankheiten spielen. Hauptsächlich sind es die sog. Infektionskrankheiten, bei denen sie tätig sind. Früher wußte man von diesen Krankheiten bloß, daß ein übertragbarer Infektionsstoff die Krankheit verbreite, wir nennen beispielsweise die Cholera, den Typhus, Milzbrand u. s. w., über die Natur dieses Infektionsstoffes war man aber noch ganz im Unklaren. Es würde uns zu weit führen, wollten wir alle Krankheiten zitieren, die von Bakterien hervorgerufen werden und in detaillierter Weise ausführen, wie man zu diesen Resultaten gekommen ist. An einem Beispiel jedoch wollen wir zeigen, wie allmählich diese Tatsachen sich erforschen ließen. Dem Landwirt ist der Milzbrand wohlbekannt, diese tückische Krankheit, die öfters Rinder und Schafe und in kurzer Zeit selbst ganze Herden zerstören kann. Im Jahr 1849 hatte Pollender bei der mikroskopischen Untersuchung des Blutes milzbrandkranker Tiere feine Stäbchen in demselben gesehen. Zu dem gleichen Resultate kam auch Brauell. Davaine, ein französischer Gelehrter, bewies nun im Jahre 1863, daß diese Stäbchen auch die Träger der Krankheit waren, da das Blut, welches mittels Filtration durch Tonzellen von denselben befreit worden war, die Krankheit nicht übertragen konnte, während ein Tropfen Blut, welcher sie enthält, unter die Haut eines Versuchstieres gebracht, Milzbrand hervorruft. Endlich gelang es Pasteur, diese Bakterien außerhalb des Körpers zu züchten — die sog. Kultur- oder Züchtungsmethoden werden wir gleich besprechen — und mit denselben in gleicher Weise wie mit dem Blute die Krankheit zu übertragen.

In ähnlicher Weise wurden noch als Krankheitsursache Bakterien nachgewiesen bei sehr vielen Krankheiten, von denen wir beispielsweise noch nennen: malignes Ödem, Tuberkulose (Lungenschwindsucht und Perlsucht) Lepra (Aussatz), Rotz, Cholera, Typhus, Lungenentzündung, Diphtherie, Erysipel (Gesichtsrose), Eiterungen, Euterentzündungen, Kaninchenseptikämie, Hühnercholera, Schweineseuche, Schweinerotlauf, Rauschbrand, Tetanus (Starrkrampf), Mäuseseptikämie, Aktinomykose u. a. m.

Es ist nun festgestellt worden, daß diese pathogenen Bakterien besonders dadurch verderblich wirken, daß sie Gifte, sog. Ptomaïne

Digitized by Google

und Fermente, im Körper bilden. Aber auch mechanisch können sie schädigend wirken, wenn sie sich sehr stark vermehren und z. B. Stauungen in den Blutgefäßen hervorbringen oder dem Blute und den Organen zu viele Nahrungsstoffe entziehen. Diese pathogenen Bakterien, welche unter gewöhnlichen Umständen todbringend sind, können indessen in ihren Eigenschaften so verändert werden, daß sie nun Schutz gegen die Krankheit verleihen. Die Milzbrandbakterien, z. B. wenn sie bei höherer Temperatur kultiviert werden, erzeugen nicht mehr eine tödliche Ansteckung, sondern nur noch eine leichte Krankheit, welche, einmal überstanden, gegen ganz virulente Bazillen schützt, oder wie man sich ausdrückt, Immunität verleiht. Diese Entdeckung des berühmten Pasteur legte den Grund zu den verschiedenen Schutzimpfungsverfahren, die in der Bekämpfung der Infektionskrankheiten eine immer wichtigere Rolle spielen werden. Die Verfahren zur Erzielung der Immunität sind sehr verschieden (z. B. bei Milzbrand, Rauschbrand, Rotlauf usw.), wir können aber hier nicht näher darauf eintreten und müssen uns darauf beschränken, dieses bedeutungsvollen praktischen Ergebnisses wenigstens Erwähnung gethan zu haben.

Noch auf andere Weise können uns sonst tödlich wirkende Bakterien Schutz verleihen. So z. B. der gefährliche Diphtheriebazillus. Behandelt man Pferde mit dem von diesem Bazillus gebildeten Gifte (Diphtherietoxin), so erlangt das Blutserum dieser Tiere allmälig die merkwürdige Eigenschaft dieses Gift zu neutralisieren. Darauf beruht die Behandlung diphtheriekranker Personen mit dem sog. Diphtherieserum, indem von dem letzteren einige Kubikzentimeter unter die Haut gespritzt werden, wodurch Heilung oft selbst schwerer Fälle erzielt wird. Diese Serumtherapie ist noch bei anderen Krankheiten zur Verwendung gekommen. So braucht man jetzt auch Tetanusserum, Pestserum, Milzbrandserum, Streptokokkenserum u. a. m.

Auch zur Diagnose können die Bakterienprodukte benutzt werden. So stellt man aus Tuberkelbazillen Kulturen des sog. Tuberkulins her, welches tuberkulösen Tieren subkutan eingespritzt, eine bedeutende Temperaturerhöhung bewirkt. In ähnlicher Weise erkennt man latenten Rotz bei Pferden durch Benutzung des aus den Kulturen des Rotzbazillus gewonnenen Malleïns.

Die Rolle der Saprophyten besteht besonders darin, die Gärungs- und Fäulnisprozesse zu besorgen. Auf diese Weise können sie sich dem Menschen nützlich machen, indem sie die Ursache wichtiger Gärungen (z. B. Milchsäuregärung, Käsereifung usw.) sind oder als

Digitized by Google

Fäulniserreger die tote Materie wegschaffen, sie in andere einfachere Produkte umsetzen und dadurch wieder in den Kreislauf der Natur bringen.

10. Verschiedene Lebensäußerungen der Bakterien. Unter den übrigen Lebensäußerungen der Bakterien können wir noch anführen: die Bildung von Farbstoffen (Pigmenten), die Entwickelung der verschiedensten Gase und Gerüche, und in gewissen Fällen auch von Licht (phosphoreszierende Bakterien). Alle diese Wirkungen beruhen darauf, daß die Bakterien in den Substanzen, in denen sie leben, vermittelst der Fermente (sog. Enzyme) die sie bilden, chemische Umsetzungen sehr komplizierter Art hervorbringen.

11. Widerstandskraft gegen äußere Einflüsse. Wie die übrigen lebenden Organismen sind auch die Bakterien äußeren Einflüssen unterworfen. Im allgemeinen ist ihre Widerstandskraft gegen solche ziemlich hoch, besonders wenn Sporen da sind.

Mit bezug auf Wärme ist ein Unterschied zu machen zwischen trockener und feuchter Wärme. Eine trockene Wärme von 130° C können Sporen eine Stunde ganz gut vertragen. Um einen Gegenstand keimfrei zu machen oder wie man sich ausdrückt zu sterilisieren, muß man, um sicher zu gehen, eine trockene Wärme von 160°—180° C zirka eine halbe Stunde lang einwirken lassen. Besser wirkt die feuchte Wärme. Ausgewachsene Bakterien ohne Sporen werden in diesem Falle meist bei 60°—70° C abgetötet. Manche Sporen gehen auch beim Aufkochen zugrunde, indessen gibt es sehr widerstandsfähige Sporen, die kurze Zeit Temperaturen von 110°—115° C ertragen. Um z. B. Nährflüssigkeiten zum Zwecke der Züchtung von Bakterien — davon wird später die Rede sein — steril zu machen, muß man sie zirka eine Viertelstunde lang auf 115° C erwärmen, was natürlich nur unter Druck in Dampfkochtöpfen, sog. Autoklaven, möglich ist. Unter dem Namen von fraktionierter Sterilisierung versteht man ein Verfahren, Nährlösungen durch mehrmaliges Erwärmen auf nur 100° C oder darunter keimfrei zu machen, dessen man sich bedient, wenn der Nährboden keine allzulange Sterilisierung bei hoher Temperatur verträgt; Blutserum z. B. erwärmt man auf zirka 58° C einige Stunden lang, aber an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen. Durch Erwärmen auf diese Temperatur werden nämlich die ausgewachsenen Bakterien abgetötet, und es bleiben bloß die Sporen am Leben; läßt man denselben nun etwa 24 Stunden Zeit, um bei günstiger Temperatur auszukeimen und wiederholt das Verfahren mehrere Male, so werden

Digitized by Google

allmählich alle die zu Bakterien ausgewachsenen Sporen abgetötet. Ganz zuverlässig ist indessen dieses Verfahren nicht, da Sporen oft erst nach Wochen auskeimen können.

Gegenüber der Kälte sind die Bakterien äußerst widerstandsfähig. Manche Bakterien, wahrscheinlich in Sporenform, können einem künstlich erzeugten Kältegrad von — 130° C zwanzig Stunden lang widerstehen. Austrocknung ertragen die meisten Bakterien, besonders in Sporenform, ziemlich lange. Einzelne Arten, z. B. die Cholerabazillen, sind im Gegenteil gegen dieselbe sehr empfindlich und sterben ab, sobald sie längere Zeit ausgetrocknet werden.

Das Licht scheint im allgemeinen stark abschwächend auf die Bakterien zu wirken, besonders das direkte Sonnenlicht. Daher ist die Forderung der Hygieniker, dem Lichte freien Zutritt zu lassen, sehr berechtigt.

Einem hohen Drucke widerstehen die Bakterien mit Leichtigkeit. So konnte Certes Milzbrandkulturen einem Drucke von 600 Atmosphären in komprimierter Luft aussetzen, ohne sie abzutöten. Im Verein mit Schaffer habe ich meinerseits komprimierte Kohlensäure mit einem Druck von 90 Atmosphären ohne allen Erfolg verwendet.

Was den Einfluß der Elektrizität auf die Bakterien anlangt, so sind die Resultate zurzeit noch sehr unbestimmt und widersprechend. Möglich ist aber, daß in Zukunft dieser Faktor, dessen Anwendungen sich tagtäglich mehren, bei der Zerstörung der Bakterien eine Rolle spielen wird.

Chemische Substanzen schädigen die Bakterien insofern sie Gifte des lebenden Protoplasmas sind. Daher werden sie durch Sublimat, Karbolsäure, Ätzkalk, Kupfersulfat, Chlor u. a. m. abgetötet. Solche Substanzen werden auch deshalb häufig zu Desinfektionszwecken gebraucht.

Die Methoden der Bakteriologie.

Das Hauptmittel zum Studium der Bakterien ist die Züchtung derselben außerhalb der Organismen und toten Substanzen, in welchen sie angetroffen werden. Erst nachdem dieses gelungen war, konnten sie bezüglich ihres Baues und ihrer Lebensäußerungen näher studiert werden. Eine der wichtigsten Aufgaben der Bakteriologie ist es daher, Mittel und Wege anzugeben, um dieses zu erreichen. Heutzutage ist diese Aufgabe nun auch größtenteis gelöst und wie der Landwirt

Digitized by Google

Kartoffeln oder Getreide säet und später davon eine Ernte gewinnt, so säet auch der Bakteriologe die verschiedensten Mikroben auf künstliche Felder und bereitet sich dadurch eine reiche Ernte vor. Und ebenso wie der Landwirt auf seinen Feldern zuerst das Unkraut vertilgt, damit das Eingesäete von demselben nicht überwuchert werde, so befreit auch der Bakteriologe seine Nährböden von fremden Keimen, damit die eingepflanzten Bakterien sich nunmehr frei entwickeln können. Die Zusammensetzung dieser sog. Nährböden und Nährlösungen kann eine sehr verschiedene sein, nur müssen sie die Substanzen enthalten, die zur Ernährung der Bakterien dienen, also hauptsächlich kohlenstoff- und stickstoffhaltige Verbindungen sowie Nährsalze. Fleischbrühe, Kartoffeln, Pflanzenaufgüsse, Milch usw., welche bekanntlich diese chemischen Stoffe enthalten, werden daher zu diesem Zwecke vielfach gebraucht.

Die Milch insbesondere, die uns hier zumeist interessiert, bietet den Bakterien einen ausgezeichneten Nährboden. Wir erinnern an ihre bekannte Zusammensetzung*):

	im Mittel
Wasser	87,5 %
Fett	3,40 %
Eiweißstoffe (Kaseïn, Albumin und Laktoglobulin)	3,50 %
Milchzucker	4,60 %
Mineralbestandteile (Salze)	0,75 %

Kaseïn, Albumin und Laktoglobulin stellen die Eiweißstoffe (Stickstoffsubstanz) dar und sind, wie man sieht, in hinreichender Menge vorhanden, Kohlenstoff finden die Bakterien hauptsächlich im Milchzucker und im Fett, dazu kommen noch die Bestandteile der Asche (Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen, Phosphor, Schwefel, Chlor), welche ebenfalls von den Bakterien aufgenommen werden. Alle diese Substanzen finden sich in der Milch in natürlichem und daher leicht assimilierbarem Zustande vor und es ist leicht erklärlich, daß die Milch eine reiche Fundstätte der verschiedensten Bakterienarten ist. Daher wird sie auch in den bakteriologischen Laboratorien sehr viel als Nährboden benutzt.

Die Nährböden werden zunächst in dazu geeignete Gläser (Reagensgläser, Kolben usw.) gebracht und dann nach den oben angegebenen Prinzipien sterilisiert, d. h. keimfrei gemacht. Diese Gläser werden gegen Infektion durch die in der Luft stets anwesenden

*) Fleischmann, Lehrbuch der Milchwirtschaft, 3. Aufl., S. 49.

Digitized by Google

Bakterien dadurch geschützt, daß sie mit einem Wattepfropfen verschlossen werden, der der Luft zwar freien Zutritt gewährt, aber die Bakterien derselben zurückhält. Sind anaërobe Bakterien zu züchten, so wird die Luft aus den Gläsern vertrieben oder durch Wasserstoff ersetzt. Man kann auch den Sauerstoff in den Kulturgefäßen durch geeignete Substanzen absorbieren lassen. Die Reaktion der Nährböden ist nicht indifferent, da zu große Alkalinität oder ein zu hoher Säuregrad den Bakterien schädlich sind. Man neutralisiert sie daher gewöhnlich. Je nach der Art der zu untersuchenden Bakterien sind jedoch gewisse Unterschiede in der Reaktion vorteilhaft. Hat man nun so bereitete Nährböden, so werden die zu studierenden Bakterien eingesäet, oder wie man sich ausdrückt, eingeimpft. Bei Milzbrand z. B. entnimmt man mit einer vorher ausgeglühten (zur Abtötung der etwa anhaftenden Keime) Platinnadel ein Tröpfchen Blut eines milzbrandkranken Tieres, welches ja bekanntlich die Milzbrandstäbchen enthält, und säet es in ein Gläschen Bouillon ein. In letzterer entwickeln sich die Milzbrandbazillen vorzüglich und so hat man eine sog. Reinkultur in Händen, mittelst der man die Eigenschaften dieser Bazillen näher studieren kann. Die Sache ist aber nicht immer so leicht. Oft muß man vorher verschiedene Bakterien von einander trennen, die vereint z. B. in einer gärenden oder faulenden Flüssigkeit, in kranker Milch usw. leben. Zu diesem Zwecke bedient man sich der sog. festen Nährböden. Man kann nämlich durch Zusatz von Gelatine oder Pflanzengallerten (Agar z. B., ein Seegras), Nährböden herstellen, die die Eigentümlichkeit besitzen, bei den für die Züchtung von Bakterien gebräuchlichen Temperaturen (15°—37° C) fest zu erstarren. Will man nun z. B. die in einem bestimmten Wasser oder in einer Probe Milch vorhandenen Bakterien voneinander trennen, oder wie man sagt, isolieren, so läßt man einen solchen festen Nährboden zuerst bei etwas höherer Temperatur (zirka 45° C) flüssig werden, vermischt mit demselben einen Tropfen oder noch weniger der zu untersuchenden Flüssigkeit, und läßt wieder in einem geeigneten, vorher sterilisierten Behälter erstarren (sog. Plattenkulturen). Ist die zu untersuchende Flüssigkeit sehr bakterienreich, so verdünnt man sie vorher mit sterilem Wasser. Die Bakterien bleiben nun an verschiedenen Stellen des Nährbodens eingeschlossen und entwickeln sich gerade da, wo sie sind, sog. Kolonien bildend. Mit bloßem Auge betrachtet, erscheinen die letzteren im Innern der Nährgelatine gewöhnlich als weißliche oder gelbliche Pünktchen, auf der Oberfläche als mehr oder

Digitized by Google

weniger dichte Auflagerungen. Die einen bleiben klein, die anderen breiten sich immer mehr aus. Auch gibt es solche Bakterien, die die Eigenschaft besitzen, die Gelatine zu verflüssigen; wenn es sich um farbstoffbildende Bakterien handelt, so können die Kolonien farbig sein. Die äußere Erscheinung der Kolonie bildet daher in vielen Fällen ein charakteristisches Merkmal der betreffenden Bakterienart. Man kann sie nun herausnehmen und jede für sich in geeignete Nährlösungen hineinbringen und man bekommt auf diese Weise Reinkulturen der verschiedenen Bakterien, die in der untersuchten Flüssigkeit vorhanden waren. Auch kann man durch Zählung der Kolonien erfahren, wie viel Bakterien, in der untersuchten Flüssigkeit waren, wenn man mit genau abgemessenen Quantitäten der letzteren operiert hat. Handelt es sich nicht um eine Zählung, sondern um eine Isolierung der verschiedenen Bakterien, so kann man auch sog. Oberflächenplatten anlegen, besonders Agarplatten. Man läßt den Agar in einer Petrischen Doppelschale erstarren und bepinselt oder begießt ihn mit der zu untersuchenden Flüssigkeit oder Verdünnungen derselben. Die Platten werden dann umgekehrt, damit kein Kondensationswasser auf der Oberfläche sich ansammelt, und bei geeigneter Temperatur bebrütet. Man erhält auf diese Weise, wenn die Verdünnung eine richtige ist, gut isolierte und leicht abimpfbare Kolonien. Diese Kulturen müssen, damit sie sich gut entwickeln, bei einer für die Bakterien günstigen Temperatur aufbewahrt werden (siehe oben). Man braucht zu diesem Zwecke Brutöfen oder Kasten, in denen die Temperatur durch sinnreiche Apparate (Regulatoren) auf der gewünschten Höhe (gewöhnlich 20° und 35° C) erhalten wird.

Hat man nun Reinkulturen vor sich, so untersucht man sie vor Allem mikroskopisch. Entweder werden die Bakterien lebend untersucht, oder, wie man sich ausdrückt, im hängenden Tropfen, weil sie in der Flüssigkeit suspendiert bleiben, oder man benutzt die Eigenschaft des Bakterienprotoplasmas, gewisse Farben, besonders die Anilinfarben aufzunehmen, um sie zu färben und dadurch leichter sichtbar zu machen. Zu diesem Zwecke läßt man ein Tröpfchen der Kultur auf einem Deckgläschen eintrocknen und taucht es in eine Farblösung ein. Die Bakterien nehmen die Farbe an und geben deutlichere Bilder (sog. gefärbte Präparate). Auf diese Präparierungs- und Färbemethoden können wir indessen hier nicht weiter eingehen, sie spielen aber eine große Rolle in der Bakteriologie.

Digitized by Google

Im Ferneren werden diese künstlich kultivierten Bakterien auf ihre Eigenschaften geprüft (Gärfähigkeit, Pathogenität, Tierversuche usw).

Fundorte der Bakterien.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, daß Bakterien überall da anzutreffen sind, wo organisches Leben vorhanden ist, also überall wo Tiere und Pflanzen sind, da sie in den Leichen der Tiere und in toten Pflanzen reichliche Nahrung finden. In der Erde und in frei liegendem Wasser sind sie daher stets zahlreich. Auch in der Luft trifft man sie oft in großer Zahl an, da sie mit dem Staub in dieselbe hineingelangen. Einige statistische Daten mögen hier Platz finden:

Erde: In den oberflächlichen Schichten sind sie äußerst zahlreich, bis mehrere Millionen per Gramm Erde. Mit zunehmender Tiefe nehmen sie ab. In einer Tiefe von 3 bis 6 Metern ist die Erde gewöhnlich bakterienfrei.

Wasser: Quellwasser, welches aus dem Innern der Erde entspringt, ist gewöhnlich bakterienfrei. Sobald es der Luft ausgesetzt ist, wird sein Bakteriengehalt reicher. Einige Hundert Bakterien per Kubikzentimeter sind nichts außergewöhnliches und ein solches Wasser kann noch ein gutes Trinkwasser sein. Erst bei größerem Bakteriengehalte nimmt man an, daß eine stärkere Verunreinigung vorliege, die Anlaß zur Beanstandung gebe.

Luft: Der Gehalt der Luft an Bakterien ist ein sehr wechselnder, je nach dem Quellen der Verunreinigung vorliegen oder nicht. In unbewohnten Räumen mag man weniger als 100 Bakterien im Kubikmeter finden, in bewohnten Räumen mehrere Hunderte, nach Aufwirbeln von Staub beim Putzen 200 000—400 000 im Kubikmeter. In Pariser Straßen findet man nach Miquel im Mittel 4000 Bakterien per Kubikmeter, in Bern fand ich derer ca. 700. Auf dem Lande im offenem Felde fand ich ca. 100 Bakterien per Kubikmeter; auf einem kleinen Berge (Gurten bei Bern) nur noch 8 per Kubikmeter und auf hohen Bergen, wie dem Eiger z. B., gar keine mehr. Die Stallluft ist nach den Untersuchungen Barthels*) sehr keimreich. Im Mittel fand er in der Mittagspause 300 750 Bakterien per Kubikmeter, zur Zeit der Heufütterung 1 213 600 und während des Abendmelkens 315 750. In einer anderen Stallung fand Sönnroth noch höhere Zahlen, nämlich

*) Revue Générale du Lait, 1901—1902, I, p. 505.

Digitized by Google

mittags 1 210 000 Bakterien per Kubikmeter, zur Zeit der Abendfütterung 1 448 000 und während des Melkens 1 448 000. Unter dem Bauche einer Kuh stieg der Bakteriengehalt der Luft sogar auf 3 200 000 per Kubikmeter. Wir werden später bei der Besprechung der Bakterien in der Milch auf diesen Punkt zurückkommen. Zur Bestimmung des Bakteriengehaltes der Luft bedient man sich am besten löslicher Filter (auch Sandfilter werden gebraucht), durch die man eine gewisse Menge Luft hindurchpumpt; dieselben werden dann in sterilem Wasser aufgelöst, so daß die vom Filter zurückgehaltenen Bakterien im Wasser verteilt werden, und die Anzahl der aufgefangenen Bakterien stellt man dadurch fest, daß man dieses Wasser mit festen Nährboden vermischt und zu sog. Gelatine-Platten ausgießt.

Andere Mikroorganismen.

Bevor wir nun zu der Milch und ihren Bakterien, unserer Hauptaufgabe, übergehen, müssen wir noch kurz einiger Mikroorganismen Erwähnung tun, die eine ähnliche Rolle wie die Bakterien spielen, jedoch auf einer höheren Entwicklungsstufe stehen.

1. Hefe. Die Hefepilze, auch Sproßpilze genannt, weil sie sich nicht durch Zweiteilung wie die Bakterien vermehren, sondern durch Sprossung, d. h. Bildung kleiner Knospen, die allmählich wachsen, und von der Mutterzelle sich ablösen (Fig. 1 *k*). Die Hefezellen sind meist oval, haben einen Durchmesser von wenigstens mehreren Tausendsteln Millimeter, ein körniges Protoplasma, und mit Zellsaft gefüllte rundliche Gebilde, die sog. Vakuolen. Zuweilen bilden sie, besonders auf festen Nährböden, sog. Mycelfäden, (wie die sogleich zu besprechenden Schimmelpilze) und Endosporen. Die Hefepilze spielen besonders bei der Wein- und Biergärung eine wichtige Rolle, indem sie die Erreger dieser alkoholischen Gärungen sind.

2. Fadenpilze. Jedermann kennt die schimmeligen Überzüge, die sich auf altem Brote, Früchtedekokten usw. bilden. Diese bestehen nun aus kleinen mikroskopischen Pilzen, die wegen ihrer Kleinheit ebenfalls zu den Mikroorganismen gezählt werden und auch eine gewisse Verwandtschaft mit unseren Bakterien besitzen. Sie gehören zu der Abteilung der Kryptogamen und unter diesen wieder zu den Lagerpflanzen oder Thallophyten, die nicht in Stamm und Blätter gegliedert sind, sondern nur einen sog. Thallus bilden. Dieser ist zusammengesetzt aus chlorophyllosen Zellen, welche wie die Bakterien Membran und Protoplasma besitzen. Sie vermehren

Digitized by Google

sich nicht durch Zweiteilung oder Spaltung, sondern durch Längenwachstum, d. h. durch Bildung langer Fäden, der sog. Hyphen. Diese verzweigen sich und aus denselben setzt sich das sog. Mycel, ein dichtes Gewirr von Fäden, zusammen. Einzelne Hyphen bilden sich dann zu Fruchtträgern oder Fruchthyphen aus, auf welchen sich die Früchte, d. h. die Sporen, hier auch Konidien genannt, entwickeln. Die Schimmelpilze enthalten zahlreiche Arten und Gattungen, unter denen folgende hervorgehoben werden mögen:

a) Die Penicillien, Pinselschimmel, so bezeichnet wegen der Form der Fruchtträger. Die Fruchthyphen endigen nämlich durch gabelige Teilung in einen Büschel kurzer Stiele, Basidien genannt, von welchen die Sporen in langen Reihen sich ablösen. Eine Art derselben, das Penicillium glaucum (Fig. 1 *l*), wird dem Roquefortkäse zugesetzt und spielt bei dessen Reifung eine wichtige Rolle. Die grünen Adern, die man in dieser Käseart sieht, sind nichts anderes als Anhäufungen dieses Pilzes.

b) Aspergillen (Fig. 1 *m*). Bei diesen schwillt das Ende des ungeteilten Fruchtträgers keulenförmig an; auf der Keule wachsen sog. Sterigmen, flaschenförmige kleine Gebilde, welche die Sporen tragen.

c) Mucorineen (Fig. 1 *n*). Die Fruchthyphen endigen bei diesen in ein Sporangium, Sporenbehälter. Sind die Sporen reif, so berstet das Sporangium und die Sporen werden frei.

d) Oïdium (Fig. 1 *o*). Bei dieser Art bildet sich ein Mycel, dessen Fruchthyphen, in kurze Glieder, die Konidien, hier auch Oïdien genannt, zerfallen. Eine Varietät dieses Pilzes, das Oïdium lactis, wird häufig in der Milch angetroffen und spielt, wie wir später noch hervorheben werden, eine gewisse Rolle bei der Reifung der Weichkäse.

3. Die Streptothricheen. Diese sind Mikroorganismen, die einerseits an die Fadenpilze, anderseits an die Bakterien erinnern. Wie die Schimmelpilze wachsen sie in Form zylindrischer Fäden, unter Verästelung und Bildung von Fruchthyphen und Konidien. Mikroskopisch aber sind sie den Bakterien ähnlich, indem sie viel dünner sind als die eigentlichen Fadenpilze und vielfach in kurze bazillen- und kokkenartige Glieder zerfallen.

Digitized by Google

Spezieller Teil.

Die Bakterien in der Milch und ihre Vermehrung in derselben.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, daß die Bakterien in der Milch einen vorzüglichen Nährboden finden müssen, da dieselbe die Nahrungsstoffe, deren sie bedürfen, in geeignetster Form enthält und es darf uns daher nicht Wunder nehmen, wenn wir in jeder Probe Milch, die zur Untersuchung kommt, Bakterien meist in großer Anzahl finden. Ob im Euter selbst die Milch ganz bakterienfrei sei, ist eine Frage, die verschieden beantwortet worden ist. So sagt z. B. Duclaux*) daß das gesunde Euter frei von Bakterien sei und es ist einzelnen Untersuchern schon früher gelungen, mittels steriler Kanüle (Röhrchen) kleine Mengen steriler Milch aus dem Euter direkt zu entnehmen. Auf Grund seiner Untersuchung von 19 Eutern von Kühen, die wegen Tuberkulose geschlachtet wurden, deren Euter jedoch von tuberkulösen Erscheinungen frei waren und sonst auch nichts Abnormales zeigten, kam indessen später Ward**) in Amerika zu dem Schlusse, daß die Milchgänge des Euters bereits Bakterien enthalten, welche die von dem gesunden Euter bakterienfrei ausgeschiedene Milch infizieren.

Spätere sehr sorgfältig ausgeführte Versuche von Boekhout und de Vries***) in Holland, zeigten auch daß größere Mengen Milch (30 cm^3) mit der sterilen Kanüle direkt aus dem Euter entnommen, nie ganz bakterienfrei sind. Meinerseits habe ich die Versuche Wards wiederholt und keines der von mir untersuchten 15 Kuheuter bakterienfrei gefunden†). Ähnliche Resultate hatte auch E. J. Koning††). Man

*) Microbiologie, p. 60 und Principes de laiterie, p. 53.

**) Bull. No. 258, Cornell University Agricultural Experiment Station, Jan. 1899.

***) Centralblatt für Bakteriologie, II. Abt., Bd. VII, 1901, S. 817.

†) Landw. Jahrbuch der Schweiz, 1903, S. 201.

††) Revue Générale du Lait, Bd. IV, p. 404.

Digitized by Google

soll aber daraus nicht etwa den Schluß ziehen, es sei das Euter eine wahre Brutstätte von Bakterien und die aus dem Euter fließende Milch sei daher schon reichlich mit Bakterien beladen. Alle Untersuchungen zeigen im Gegenteil, daß die Anzahl der Bakterien, die allfällig im Euter gefunden werden, abgesehen von anormalen Fällen (z. B. Streptokokkeninvasion des Euters) eine relativ beschränkte ist. Man hat sich also die Sache so zu denken, daß durch den Strichkanal*), dessen Oeffnung öfters im Kot oder auf schmutzigem Boden ruht und dessen Wandungen mit Milchresten befeuchtet einen guten Nährboden abgeben, einige Bakterien allmählich hinaufwandern und in die Zisterne und noch höher hinauf gelangen. Hier aber finden sie in der Regel keine Gelegenheit sich stark zu vermehren, denn die Milchdrüse sucht sich wohl derselben zu entledigen, wie es auch andere Organe tun und es erklärt dieses die relativ geringe Zahl von Bakterien, die man im Euter findet. Es scheint mir sogar nicht unwahrscheinlich, daß wenn eine Infektion des Strichkanals durch peinlichste Sauberkeit gänzlich ausgeschlossen oder wenigstens auf ein Minimum reduziert würde, in manchen Fällen eine fast vollständige innere Asepsie des Euters erreicht werden dürfte, wie dieses die neuesten Versuche von Willem auf die wir gleich zurückkommen werden, wahrscheinlich erscheinen lassen. Es sind daher auch die meisten der zahlreichen Bakterien, die man in jeder Milch, selbst in ganz frisch gemolkener findet, nicht auf diese, sondern auf andere Infektionsquellen zurückzuführen. So habe ich in ganz frisch gemolkener Milch bereits 10000—20000 Bakterien per Kubikzentimeter gefunden, Cnopf in München sogar 60000—100000, also 60—100 Millionen im Liter und in der gewöhnlichen Marktmilch sind sie noch viel zahlreicher. Über ihre Herkunft kann man indessen nicht die geringsten Zweifel hegen, sobald man das Melken selber ins Auge faßt. Vielfach sieht man Kühe, deren Bauchdecken und Euter mit Kot beschmutzt sind, welcher während des Melkens in die Milch hineinfällt und der, wie wir wissen, eine Unzahl von Bakterien beherbergt**); ferner sind auch die meist unreinlichen Hände des Melkers Träger zahlloser Bakterien, denn ein Waschen derselben gehört leider

*) Daß dieser Infektionsweg wahrscheinlich ist, zeigen u. A. die Untersuchungen Uhlmanns (Zentralbl. f. Bakteriologie, I. Abt. Bd. XXXV, 1904, S. 224), der in allen Querschnitten des Strichkanals Bakterien fand.

**) Sehr lehrreich sind in dieser Hinsicht die Versuche von L. Schulz (Archiv für Hygiene, Bd. XIX, S. 260), welcher selbst in reinlich gemolkener Milch mindestens 10—15 mg frischen Kuhkot per Liter nachweisen konnte.

Digitized by Google

noch zu den Seltenheiten; dazu enthalten die Milchgeschirre, die mit oft bakterienreichem Wasser ausgespült werden, sowie, wie wir gesehen haben, die Stallluft zahlreiche Keime. Endlich enthalten die ersten Kubikzentimeter Milch, die gemolken werden, immer viele Mikroorganismen, indem die nach dem Melken im unteren Teile des Strichkanals zurückbleibenden letzten Tropfen Milch, die nicht vollständig von der Außenwelt abgeschlossen sind, sich leicht von außen her mit Bakterien infizieren und bis zum nächsten Melken Anlaß zu einer reichlichen Bakterienwucherung geben*). Über den Einfluß der Reinlichkeit der Hände des Melkers gibt ferner ein von mir angestelltes Experiment Aufschluß, in welchem ich ein von Guillebeau in Bern empfohlenes Verfahren anwandte, nämlich Einschmieren der Hände mit Fett, um den Schmutz festzuhalten. In diesem Experimente sank die Zahl der Bakterien der in ein steriles Gefäß gemolkenen Milch auf 200 im Kubikzentimeter herunter.

Sehr erwähnenswert sind ferner die Versuche von Backhaus in Königsberg über aseptische Milchgewinnung**). Derselbe studierte den Einfluß verschiedener Bedingungen bei dem Melken auf den Bakteriengehalt der Milch und kam zu folgenden interessanten Ergebnissen:

Der Bakteriengehalt der Milch wird durch die Berührung mit festen Gegenständen, die nicht absolut keimfrei sind, bedeutend erhöht. So wurde der Bakteriengehalt einer Milch, die im Mittel 6660 Keime im Kubikzentimeter enthielt, nach Passierung von 6 sorgfältig gereinigten Gefäßen bei einem Versuch auf 35000, bei einem anderen auf 23900 und sogar in einem andern auf 162000 per Kubikzentimeter gesteigert. Ebenfalls von Bedeutung ist die Körperpflege der Tiere und die Umgebung derselben. Bezeichnend ist in letzterer Hinsicht das Ergebnis eines Versuches, wonach auf den Quadratmeter in 5 Minuten durch die Luft zu Boden fielen:

im Freien	7500 Keime
„ gereinigten Stalle . . .	29000 „
„ ungereinigten Stalle . .	69000 „

Auch die Streu ist von Einfluß. Es betrug der Gehalt von:

1 gr Torf	2000000 Keime
1 „ gutes Stroh . . .	7500000 „
1 „ schlechtes Stroh .	10000000 „

*) Landw. Jahrbuch der Schweiz 1904, S. 407. Auch Schulz fand die zuerst entleerte Milch sehr keimreich.

**) Molkereizeitung (Berlin) 1898, Nr. 4.

Digitized by Google

In ähnlicher Weise variiert auch der Bakteriengehalt der Milch bei verschiedener Einstreuung. Von großer Wichtigkeit ist ferner die Ausführung des Melkens selbst (Fortmelken der ersten 3—6 Züge, Euterreinigung usw.).

Den großen Einfluß des Materials der Milchgefäße auf den Bakteriengehalt der Milch zeigt ein Versuch, wonach steriliſiertes Wasser in ein gut gereinigtes Emailgefäß gebracht, 1 105 Keime zeigte, in einem Blechgefäß 1 690, dagegen in einem gut gereinigten hölzernen Melkkübel 279 000. Hölzerne Gefäße sind daher möglichst zu vermeiden.

Folgende Tabelle resümiert in übersichtlicher Weise die Versuche.

		Bakteriengehalte
Infektion	Frische Milch	6 660
	Passierung durch 6 Gefäße	97 600
Körperpflege	Milch geputzter Kuh	20 600
	„ ungeputzter Kuh	170 000
Streu 1 gr	Torf	2 000 000
	Gutes Stroh	7 500 000
	Schlechtes Stroh	10 000 000
Einfluß der Streu auf den Bakteriengehalt der Milch	Milch bei Torfstreu	3 500
	„ „ Strohstreu	7 330
Futter 1 gr	Leinkuchen	457 500
	Roggenkleie	1 361 900
Wasser 7 gr	Frisches Wasser	322
	Tränkbeckenwasser	228 200
Melken	Trocken gemolken	5 600
	Naß „	9 000
	Letzte Milch	steril
	Erste Milch	10 400
	Gewaschene Euter	2 200
	Ungewaschene Euter	3 800
Gefäße	Email-Gefäß	1 105
	Blech-Gefäß	1 690
	Holz-Gefäß	279 000
Gefäßreinigung	Steriliſierter Eimer	1 300
	Bloß gespülter Eimer	28 600

Zu ganz ähnlichen Resultaten sind auch F. C. Harrison*) in Kanada und H. H. Dean ebendaselbst gekommen**). In einer neueren Arbeit kommt ebenfalls Burri***) zu gleichen Schlußfolgerungen. In frisch gemolkener Milch fand er im Mittel 20 600 Keime. Die geringste beobachtete Keimzahl betrug 3 650, die höchste 85 980. Diese

*) Report of the Ontario Agricultural College, 1896, p. 105.

**) Molkereizeitung (Berlin) 1898, Nr. 7.

***) Schweiz. landw. Zentralbl. 1902, S. 293.

Digitized by Google

Milchproben waren in Zürich und Umgebung gemolken worden. Auf den Alpen erreichte er etwas bessere Resultate, kleinste Keimzahl 1890, höchste 18 000, was er z. T. auf den Einfluß einer keimärmeren Stallluft in diesen hohen Regionen zurückführt. Während z. B. in Zürich im Stalle ca. 400 Keime in der Minute auf eine Gelatineplatte fielen, entwickelten sich auf zwei Platten die während der gleichen Zeit der Stallluft auf einer Alp exponiert worden waren, nur 24 und 34 Kolonien. Als Ursache des großen Unterschiedes führt er die in den Alpställen gänzlich fehlende Streu an.

Was man durch peinlichste Reinlichkeit erreichen kann, zeigen die schon erwähnten Versuche Willem's*) in Brüssel. Dieselben sind in einer Anstalt ausgeführt worden, welche die Stadt mit roher Kindermilch versorgen soll. Die Kühe werden ganz besonders ausgelesen, und solche Tiere, deren Euter eine wirkliche Infektion (z. B. durch Streptokokken) zeigen sollten, ausgemerzt. Sie werden äußerst reinlich gehalten, nicht bloß gestriegelt, sondern auch gewaschen, sie liegen nicht auf Streue, sondern auf Strohmatten und hinter ihnen befindet sich eine Rinne im Stallboden, welche den Kot auffängt, so daß sie nie in denselben zu liegen kommen. Auch werden die Haare an der Innenseite der Schenkel und um das Euter herum wegrasiert. Gemolken wird in einem besonderen Raume durch eine Melkerin, die keine Arbeit im Stalle verrichten darf. Man melkt in sterilisierte Gefäße mittels eines sterilisierten Trichters. Die auf solche Weise gewonnene Milch enthält nun eine erstaunlich kleine Anzahl von Bakterien, oft nur zirka 8—10 per Kubikzentimeter.

Ganz ähnliche Resultate werden in einer Anstalt unweit Dresden erzielt**). Hier wird außer der gewöhnlichen Sorgfalt betreffs der Sauberkeit, jede Kuh vor dem Melken in einen Mantel von Leinen eingehüllt, der nur das Euter freigibt. Dasselbe wird mit einer desinfizierenden Flüssigkeit gewaschen, und das gleiche geschieht mit den Händen und Unterarmen des Melkers. Die Milch wird mittels eines Trichters in eine sterile Glasflasche gemolken, diese nach der Füllung mit einem sterilem Wattepropfen verschlossen und in Eiswasser gestellt, und später in dergleichen Flaschen zum Konsum abgegeben. In dieser Milch sollen im 1 cm^3 nur 8 Keime gefunden worden sein. Solche Vorsichtsmaßregeln sind zwar in der großen Praxis kaum durchführbar, aber schon mit bloßer Reinlichkeit ließe sich vieles erreichen.

*) Revue Générale du Lait, Bd IV, 1904—1905, p. 121.

**) Milchzeitung 1905, Nr. 19, S. 227.

Digitized by Google

Unter Reinlichkeit beim Melken wäre folgendes zu verstehen:

1. daß der Melker sich die Hände gehörig wäscht und zwar nicht bloß einmal, beim Anfang des ganzen Melkens, sondern das Händewaschen für jede einzelne zu melkende Kuh wiederholt.
2. daß mit dem Melken nur dann angefangen wird, nachdem man sich vergewißert hat, daß die Zitzen ganz sauber und nicht mit Kuhkot beschmutzt sind. In diesem Falle soll der Melker die Zitzen nicht, wie ich öfters gesehen habe, einfach mit den Fingern abreiben und darauf ruhig mit dem Melken beginnen ohne sich die Hände vorher zu reinigen. In solchem Falle sollen die Zitzen mit reinem Stroh abgerieben und noch mit einem nassen Tuche gereinigt werden. Das beste wäre freilich vollständiges Auswaschen mit lauwarmen Wasser.
3. daß die Kühe und der Stall überhaupt möglichst sauber gehalten werden.
4. daß die gemolkene Milch gleich außerhalb des Stalles aufgestellt wird.

Sehr wünschenswert schiene es mir auch, wenn das in einigen Ländern übliche Trockenmelken überall eingeführt würde. Auch wäre es als ein großer Fortschritt zu bezeichnen, wenn nicht im Stalle sondern in einem besonderen, hiezu eingerichteten staubfreien Raume gemolken werden könnte; ich muß aber bekennen, daß dieses eine etwas weitgehende Forderung ist, die nur da durchführbar ist, wo genügendes Personal zur Verfügung steht. Immerhin ließe sich durch gewissenhafte Befolgung der angegebenen Regeln schon sehr viel erreichen und unnütze Mühe wäre es nicht, denn bei den Käsefehlern, besonders bei den sog. Blähungen, spielen sicherlich die mit dem Schmutz in die Milch hineingelangten Bakterien die Hauptrolle. Wie zahlreich solche Blähungserreger (Coli- und Aërogenes-Bakterien) in der Milch unter Umständen sein können, zeigen Harrison's*) Untersuchungen, nach welchen sie in einzelnen Milchproben bis zu 34 % aller anwesenden Bakterien ausmachten. Es ist selbstverständlich, daß die Verwendung einer solchen Milch in der Käserei, von den nachteiligsten Folgen begleitet sein würde.

Da wir in Praxis nun einmal damit zu rechnen haben, daß trotz aller Vorsichtsmaßregeln stets eine gewiße Anzahl Bakterien in die Milch gelangen werden, so wollen wir nun sehen, was aus denselben wird. Nach dem,

*) Gas-Producing Bacteria, Ontario Agricultural College, Bulletin 141.

Digitized by Google

was wir über Ernährung und Vermehrung der Bakterien gesagt haben, ist es klar, daß sie sich in diesem günstigen Nährmedium reichlich vermehren werden, und zwar um so reichlicher, je günstiger die Temperatur sein wird. Einige Beispiele aus Experimenten entnommen, die ich hier in Bern anstellte, mögen dies erläutern.

Eine Probe Milch, welche kurze Zeit nach dem Melken 9 000 Bakterien pro Kubikzentimeter enthielt, wurde bei 15° C aufbewahrt.

Eine	Stunde	später	enthielt	sie	31 750	Bakterien	per	Kubikzentimeter
2	Stunden	„	„	„	36 250	„	„	„
4	„	„	„	„	40 000	„	„	„
7	„	„	„	„	60 000	„	„	„
9	„	„	„	„	120 000	„	„	„
25	„	„	„	„	5 000 000	„	„	„

Von einer anderen Milch, welche kurze Zeit nach dem Melken 23 000 Keime enthielt, wurden Proben bei 25° C und 35° C aufbewahrt. Über das Wachstum der Bakterien in diesen verschiedenen Proben gibt die folgende Tabelle Auskunft:

	bei 25° C	bei 35° C
	Platte bereits verflüssigt bei der Untersuchung	
2 Stunden später		75 000
6 „ „	860 000	2 700 000
9 „ „	2 150 000	3 400 000
24 „ „	806 000 000	812 500 000

Den Einfluß der Temperatur zeigt auch folgende einer Arbeit von H. W. Conn*) in Amerika entnommene Tabelle.

Bakterienzahl per Kubikzentimeter in Milch, die bei verschiedenen Temperaturen gehalten wurde.

Anfängliche Bakterienzahl	Nach 12 Stdn. bei 10°	Nach 12 Stdn. bei 21°	Nach 50 Stdn. bei 10°	Nach 50 Stdn. bei 21° (Beginn der Gerinnung)	Gerinnung bei 10° nach	Gerinnung bei 21° nach
46 000	39 000	249 500	1 500 000	542 000 000	190 Stdn.	56 Stdn.
47 000	44 800	360 000	127 500	792 000 000 (36 Stdn.)	289 Stdn.	36 Stdn.
50 000	35 000	800 000	160 000	2 560 000 000 (42 Stdn.)	172 Stdn.	42 Stdn.

Aus seinen Versuchen schließt Conn, daß nach 24 Stdn. bei 10° die Zahl der Bakterien fünf mal größer ist als im Anfang, bei 21° dagegen 750 mal. Bei 21° entwickeln sich besonders Milchsäurebakterien,

*) Storrs Agricultural Experiment Station, Storrs, Conn, Bull., No. 26, 1903.

Digitized by Google

bei höherer Temperatur nehmen die Vertreter der Aërogenes- und Coligruppe, von denen später die Rede sein wird, die Oberhand. Bei niederen Temperaturen (10° C) sind es eher die Fäulnisbakterien, die sich zu entwickeln vermögen, daher soll man keine Milch zu lange aufbewahren, selbst bei niederer Temperatur, denn sie kann auch ohne zu gerinnen schädliche Zersetzungen erleiden, die mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind.

Diese Zahlen, denen ich, fehlte es mir nicht an Raum, noch viele Reihen ganz ähnlicher Versuchsresultate beifügen könnte, beweisen zur Genüge den Einfluß der Temperatur. Also die Milch nach dem Melken, solange sie nicht verarbeitet wird, möglichst abkühlen, um die Vermehrung der Bakterien, welche, wie wir sogleich noch näher erörtern werden, auch das Verderben der Milch zur Folge hat, soviel als tunlich zu hemmen.

Die in der Milch und den Milchprodukten vorkommenden Mikroorganismen und ihre Wirkungen.

Nachdem wir die Gegenwart und Vermehrung der Bakterien in der Milch besprochen haben, hätten wir nun zu untersuchen, was das für Bakterien sind und was für eine Rolle sie spielen. Die Bakterien, die wir in der Milch antreffen, können wir zunächst in zwei Hauptgruppen einteilen. Einmal in solche, die wir so zu sagen als stete oder wenigstens häufigere Bewohner der Milch bezeichnen können. Wie gewisse Tierarten nur in bestimmten Gegenden oder in einem gegebenen Klima sich vorfinden, so gibt es Bakterien, die durch Jahrhunderte lang dauernde Anpassung so an die Milch sich gewöhnt haben, daß man sie fast regelmäßig als Bewohner der verschiedenen Milchprodukte antrifft. Diese bieten natürlicher Weise für die Milchwirtschaft das größere Interesse, da die meisten Veränderungen der Milch von ihnen abhängen. Dagegen gibt es eine ganze Gruppe von Bakterien, die auch in der Milch öfters angetroffen werden können, die man jedoch mehr als zufällige Beimischungen derselben bezeichnen darf. Diese sind für die Milchwirtschaft von geringer Bedeutung. Möglich bleibt es immerhin, das solche zufällige Eindringlinge in der Milch sich vermehren und dabei schädliche Produkte bilden. So sind besonders in Amerika Fälle bekannt geworden, in welchen durch Rahm, Käse usw. Vergiftungen sich ereigneten. Am besten tut man daher, die Milch soviel als tunlich gegen alle Bakterien zu schützen. In

Digitized by Google

einem Falle jedoch interessieren diese mehr zufällig in der Milch vorhandenen Bakterien den Milchproduzenten und Milchkonsumenten, nämlich dann, wenn sie zu den sog. pathogenen Bakterien gehören, indem in diesem Falle die Milch zum Träger verschiedener Krankheiten werden kann. Sie sind daher wichtig genug, um den Gegenstand eines besonderen Kapitels zu bilden.

I. Die in der Milch vorkommenden pathogenen Bakterien.

1. Tuberkelbazillen. Von außen, etwa durch Beimengung von bazillenhaltigen Auswurfstoffen von Lungenkranken kommen die Tuberkelbazillen wohl nur selten in die Milch, es müßte denn sein, daß der Melker tuberkulös wäre, in welchem Falle nach Flügge's Untersuchungen bei Husten, Sprechen oder Niesen zahlreiche Tuberkelbazillen in die Luft gelangen könnten. Die Milch könnte alsdann leicht infiziert werden, weshalb lungenkranke Melker nicht angenommen werden sollten. Trifft man Tuberkelbazillen in der Milch an, so kommen sie also meist von der krankhaft affizierten Milchdrüse der Kühe her und sind somit in der Milch schon vor dem Melken enthalten. Jedoch hat man sie auch in Fällen gefunden, in welchen das Euter der tuberkulösen Tiere anscheinend noch gesund war. So kommen z. B. Rabinowitsch und Kempner*) auf Grund sehr sorgfältiger Untersuchungen zu dem Schlusse, daß, sowohl bei beginnender Tuberkulose ohne nachweisbare Erkrankung des Euters, als auch bei latenter, nur durch die Tuberkulinreaktion angezeigter Tuberkulose, die Milch Tuberkelbazillen enthalten kann. Zu gleichem Schlusse kommt auch Moussu**). Ostertag***) dagegen spricht auf Grund ähnlicher Versuche die Ansicht aus, daß die Milch solcher Kühe, die lediglich auf Tuberkulin reagieren, ohne klinische Erscheinungen der Tuberkulose zu zeigen, als unschädlich bezeichnet werden kann, da alle in seinen Experimenten mit solcher Milch gefütterten Meerschweinchen am Leben blieben. Diese Versuche können indessen die positiven Resultate, die Rabinowitsch und Kempner erzielten, nicht entkräften. Auch mit dem Kot können sie in die Milch hineingelangen, da bei lungenkranken Kühen

*) Zeitschrift für Hygiene u. Infektionskrankheiten, Bd. XXXI, S. 137 u. Zentralblatt für Bakteriologie, Referate, Bd. XXXIV, S. 225.

**) Le lait de vaches tuberculeuses, Comptes rendus de la Société de biologie, 1904.

***) Molkereizeitung 1899, S. 339.

Digitized by Google

die Tuberkelbazillen im Auswurf meist nicht ausgehustet, sondern verschluckt werden; sie gelangen dabei in den Magen und später in den Kot.

Über ihre Häufigkeit in der zum Verkauf gelangenden Milch weichen die Angaben nicht unerheblich ab, je nachdem die Untersuchungen in Gegenden vorgenommen wurden, in welchen die Perlsucht (Tuberkulose des Rindviehes) mehr oder weniger verbreitet war.

Nach den in den Jahren 1888/1889 stattgefundenen Ermittelungen des kaiserlichen Gesundheitsamtes sollen in Deutschland 2—8 % des gesamten Viehstandes tuberkulös sein. Die Statistik der Schlachthäuser, die freilich nur für die geschlachteten Tiere gilt und daher nicht ohne Weiteres auf den gesamten Viehstand übertragen werden darf, gibt wenig erfreuliche Zahlen. So wurden im Leipziger Schlachthause im Jahre 1892 27 % der Tiere tuberkulös befunden (29,5 % im Jahre 1894), 8 % in Preußen 1893/94, 18—21,5 % in Sachsen in den Jahren 1893/94, 20—30 % in England*).

Nach Hirschberger, der in Deutschland seine Untersuchungen um die gleiche Zeit ausführte, sollen in der Nähe der Städte, wo die Kühe meist weniger naturgemäß behandelt werden, 10 % derselben tuberkulös sein, und von diesen sollen 50 % tuberkelbazillenhaltige Milch liefern. Somit enthielten in den Städten 5 % der erhobenen Milchproben Tuberkelbazilleu. Daß letztere auch virulent, d. h. krankheitserregend seien, ist teils durch subkutane Verimpfung (Injektion der Milch unter die Haut), teils durch Verfütterung an geeignete Haustiere erwiesen worden. Da indessen bei der Tuberkulose wie bei anderen Infektionskrankheiten auch die Zahl der in den Organismus eingeführten Bazillen eine große Rolle spielt, indem die Infektion um so leichter stattfindet, je zahlreicher die Bazillen sind, so wirkt die in der Praxis fast immer eintretende Verdünnung der etwa in einer Milch befindlichen Tuberkelbazillen, da ja meist nur Mischmilch verschiedener Kühe auf den Markt gelangt, in gewisser Weise schützend gegen die Gefahr einer Infektion. Dieser Umstand vermindert jedoch bloß die Gefahr, beseitigt sie aber nicht ganz, wie neuere Untersuchungen zeigen. In Kopenhagen z. B. zeigten sich unter 28 Proben Mischmilch vier, also der siebente Teil, virulent, d. h. riefen bei Tieren Impftuberkulose hervor. Zwei dieser Proben rührten von Beständen von 20 und 30 Kühen her, unter welchen sich je eine der Tuberkulose verdächtige Kuh befand. Die beiden anderen Proben, welche noch als

*) Friedberger und Fröhner, Lehrb. der spez. Pathol. u. Therapie der Haustiere 1896, Bd. II, S. 464.

Digitized by Google

virulenter sich erwiesen hatten, stammten von Beständen her, unter welchen nicht bloß tuberkuloseverdächtige, sondern sogar Kühe mit Eutertuberkulose sich befanden. In der Berliner Marktmilch fand Obermüller in 14 % der untersuchten Proben, Tuberkelbazillen*).

In der Butter findet man Tuberkelbazillen ziemlich häufig. Petri**) hat von 102 untersuchten Butterproben 32,3 % mit echten Tuberkelbazillen behaftet gefunden. Außerdem fand er sehr oft (in 52,9 % der Fälle) ein mit dem Tuberkelbazillus leicht zu verwechselndes Stäbchen, welches aber von der echten Tuberkulose gänzlich verschiedene Wirkungen hervorbringt. Da frühere Untersucher dieses neue Stäbchen nicht kannten, ist wohl anzunehmen, daß vielfach Tuberkelbazillen gefunden wurden, wo keine waren, aber der von Petri festgestellte Prozentsatz bleibt wahrlich noch hoch genug.

In den Milchprodukten bleiben sie auch längere Zeit lebensfähig. So fand sie Gasperini in aufbewahrter Butter, der man sie absichtlich zugesetzt hatte, noch nach 120 Tagen, Galtier im Käse einmal noch nach 2 Monaten und 10 Tagen lebend.

Harrison***) untersuchte ihre Lebensfähigkeit speziell in Emmentalerkäsen und in Cheddarkäsen. Im Emmentalerkäse starben die Tuberkelbazillen ab, wenn der Käse zwischen 33 und 40 Tagen alt war, im Cheddarkäse nach 62—70 Tagen†). Derselbe Forscher untersuchte auch fünf sog. Rahmkäschen, die noch ziemlich frisch genossen werden (gewöhnlich nach einigen Tagen) und die auf dem Markt gekauft worden waren. In drei derselben waren Tuberkelbazillen nachweisbar††).

Es frägt sich nun, welche Gefahren tuberkelbazillenhaltige Milch und Milchprodukte mit sich bringen? Was die Tiere anlangt, die mit solcher Milch gefüttert werden, Kälber, Schweine usw., so ist sicher, daß sie dadurch sehr leicht angesteckt werden, und es ist daher angezeigt, um eine Verbreitung der Perlsucht zu verhindern, eine solche Milch nur gekocht oder genügend pasteurisiert zu verwenden. In einzelnen Ländern ist es sogar gesetzlich vorgeschrieben, daß die Rückstände bei der Butter-

*) Hygienische Rundschau 1894, Nr. 19, S. 877.

**) Zum Nachweis von Tuberkelbazillen in Butter und Milch. Arbeiten aus dem k. Gesundheitsamte, Heft 1, Bd. XIV.

***) Landw. Jahrbuch der Schweiz 1900, S. 317 u. 1902, S. 138.

†) Cheddarkäse wird bekanntlich bei niedrigerer Temperatur hergestellt als Emmentalerkäse.

††) Über die Methoden zum Nachweise der Tuberkelbazillen in der Milch usw. findet man außer in den zitierten Arbeiten, in der Milchzeitung 1900, Nr. 11, S. 162, nähere Angaben.

Digitized by Google

fabrikation (Magermilch, Buttermilch) nur nach erfolgter Pasteurisierung von den Genossenschaftsmolkereien an die Lieferanten zurückgeliefert werden dürfen. Doch darüber mehr im Kapitel über Sterilisierung und Pasteurisierung der Milch.

Was dagegen die Gefahr für die Menschen betrifft, so gehen die Meinungen noch ziemlich auseinander. Vor einigen Jahren glaubte man ganz allgemein, daß die Milch tuberkulöser Kühe eine Ansteckung sehr leicht bewerkstelligen könne. Es wurden denn auch manche Fälle zitiert, die eine solche Ansteckung zu beweisen schienen. So erzählt z. B. Olivier*) von einem Falle, in welchem in einem Pensionate von vierzehn jungen Mädchen fünf an Tuberkulose erkrankten, nachdem die Milch einer perlsüchtigen Kuh täglich Verwendung gefunden hatte. Im Berliner Archiv teilt ferner Prümers**) mit, daß in einer Bierbrauerfamilie zu Koblenz die beiden Kinder als Nahrung die rohe Milch einer Kuh bekamen, welche man für völlig gesund hielt und auch besonders fütterte. Die Kinder starben, bevor sie das dritte Lebensjahr erreicht hatten, an Tuberkulose. Eltern und Großeltern waren kerngesund, die Kuh erwies sich aber nach dem Schlachten als hochgradig tuberkulös. Auch werden, um die Übertragbarkeit des Bazillus der Rindertuberkulose auf den Menschen zu beweisen, zahlreiche Fälle angeführt, in welchen Tierärzte bei der Sektion tuberkulöser Kühe oder Metzger beim Schlachten solcher Tiere sich verletzten und infolgedessen an Tuberkulose erkrankten. Großes Aufsehen erregte es daher seinerzeit als der berühmte Professor Robert Koch auf dem Londoner Tuberkulosekongresse im Jahr 1901 die Ansicht äußerte, daß der Bazillus der Perlsucht mit dem Bazillus der Menschentuberkulose nicht identisch, daß letzterer auf das Rind nicht übertragbar sei, und daß mit Rücksicht auf die von ihm konstatierte Seltenheit primärer Darmtuberkulose wahrscheinlich auch der Perlsuchtbazillus für den Menschen nicht so gefährlich sei, als bisher angenommen wurde. Was die angeblichen Ansteckungsfälle anlangt, so zeigte Koch, daß die meisten derselben der Kritik nicht Stand halten. So z. B. ergaben nähere Untersuchungen, daß in dem bekannten, von Olivier zitierten Falle, nicht die Zöglinge die fragliche Milch getrunken hatten, sondern nur die Dienstboten; unter diesen sei aber kein Fall von Tuberkulose vorgekommen und es müßten sich daher wohl die Zöglinge auf andere Weise infiziert haben***).

*) Industrie laitière 1894, p. 223.

**) Milchzeitung 1899, S. 801.

***) Molkereizeitung 1902, S. 580.

Digitized by Google

Seit dieser Zeit ist die Frage in allen Ländern in Angriff genommen worden, und es sind hierüber zahllose Versuche angestellt worden, welche indessen noch nicht eine absolute Gewißheit geschaffen haben. Während nämlich die einen Resultate erzielten, die ganz mit denjenigen Koch's übereinstimmten, haben wiederum andere nachgewiesen, daß in manchen Fällen die menschlichen Tuberkelbazillen sich auf Rinder übertragen lassen. Im großen und ganzen macht es doch den Eindruck, daß solche Fälle relativ selten sind und daß Koch's Ansicht zu einem großen Teil berechtigt ist. In dieser Hinsicht sind besonders die seit 1902 im Deutschen Kaiserlichen Gesundheitsamte über die Beziehungen zwischen menschlicher und Tiertuberkulose ausgeführten Versuche maßgebend*). Diese Versuche ergaben in Bestätigung der Koch'schen Anschauung deutliche Unterschiede zwischen dem Rindertuberkulosebazillus (Perlsucht) und dem Menschentuberkulosebazillus in morphologischer, kultureller und tierpathogener Beziehung**). So z. B. rufen die Bazillen des Typus bovinus in einer Menge von 0,01 g subkutan verimpft bei Kaninchen eine allgemeine, zum Tode führende Tuberkulose hervor, was die Bazillen des Typus humanus in derselben Menge subkutan verimpft nicht tun. Auch bei den Infektionsversuchen am Rinde kommt der Unterschied zwischen den beiden Typen deutlich zum Ausdruck. Von 33 mit Bazillen des Typus bovinus geimpften Rindern erkrankten 32 an einer von der Impfstelle ausgehenden disseminierten Tuberkulose. Im Gegensatze dazu erkrankten von 44 mit Bazillen des Typus humanus geimpften Rindern kein einziges an fortschreitender Tuberkulose. Gleiche Resultate ergaben Fütterungs- und Inhalationsversuche. Dagegen wurde festgestellt, daß in 6 Fällen auch beim Menschen (bei Sektionen) Bazillen des Typus bovinus gefunden wurden. Diese 6 Fälle betreffen indessen alle Kinder von $1^3/_4$ — $6^1/_2$ Jahren. In zwei Fällen, in welchen die Todesursache Masernpneumonie und Scharlach gewesen war, war die Tuberkulose auf einige Mesenterialdrüsen beschränkt. Im dritten Falle waren außer verkästen Mesenterialdrüsen auch Darmgeschwüre vorhanden. Im vierten Falle wurden aus den Organen beide Arten von Bazillen gezüchtet, was auf eine Doppelinfektion schließen läßt, und auch in den zwei letzten Fällen wäre eine Doppelinfektion nicht unmöglich ge-

*) Tuberculosis. Monatsschrift des internationalen Zentralbüreaus zur Bekämpfung der Tuberkulose, vol. IV, S. 63.

**) Die zitierte Arbeit spricht demgemäß von zwei Typen (Typus humanus und Typus bovinus).

Digitized by Google

wesen, obwohl sie nicht nachgewiesen wurde. Wie dem auch sei, so genügen diese Fälle, wie die Verfasser zugeben, um zu beweisen, daß doch wohl infolge von Genuß der Milch eutertuberkulöser Kühe eine Infektion mit Perlsuchtbazillen stattfinden kann. Indessen scheint dieser Fall nur selten einzutreten, denn in den meisten Fällen der Menschentuberkulose findet man nur den Typus humanus. Ich glaube daher, daß man gestützt auf die Resultate der bisherigen Versuche keinen Grund hat, eine überaus große Ängstlichkeit gegenüber den etwa in der Milch oder der Butter vorkommenden Tuberkelbazillen an den Tag zu legen. Immerhin ist eine gewisse Vorsicht noch immer am Platze, besonders wenn es sich um Kinder oder sonst disponierte Personen handelt. Ein Abkochen der Milch, resp. ein Pasteurisieren derselben ist hier wohl keine übertriebene Vorsichtsmaßregel. Am besten wäre es jedenfalls, tuberkulöse Tiere überhaupt nicht zur Milchproduktion zu verwenden.

2. Typhusbazillen. Bereits im Jahr 1870 wurde in England in Islington, der Zusammenhang einer kleinen Typhusepidemie mit dem Genuß einer bestimmten Milch mit ziemlicher Sicherheit erwiesen. Es erkrankten nämlich in der betreffenden Ortschaft nur solche Personen, welche ihre Milch von einer Molkerei bezogen hatten, in welcher kurz vorher ein Typhusfall sich ereignet hatte, und seither ist in vielen Fällen ein solcher Zusammenhang sichergestellt worden. Jaccoud in Frankreich z. B. zitiert 106 Fälle von Typhus, bei welchen siebenmal die Milch der Träger der Infektion war. In England wies Hart nach, daß unter 50 Typhusepidemien, 28 durch Milch vermittelt worden waren*).

Ein anderes Beispiel hat man in folgendem: In der Stadt Stamford, Conn. U. S. A., brach am 5. April 1895 eine Typhusepidemie aus, welche bis zum 18. März andauerte und 386 Menschen befiel. Von den Patienten war ein Drittel im Alter unter zehn Jahren. Diese Tatsache erregte den Verdacht, daß die Typhusepidemie durch die Milch verbreitet wurde. Es wurde auch konstatiert, daß von den 386 Fällen 352 oder 91,2 % in Familien vorkamen, welche Milch von einem ganz bestimmten Milchmann bezogen hatten. In 14 weiteren Fällen war die Milch desselben Händlers von den Patienten in einer Bäckerei getrunken worden. Mit dem Verbot des Milchverkaufs sank die tägliche Erkrankungsziffer nach 15 Tagen von mehr als 10 auf weniger als 2 %. Diese Tatsache spricht dafür, daß die Epidemie mit der Milch des in Rede stehenden Lieferanten zusammenhing. Nach

*) Industrie laitière 1894, p. 223.

Digitized by Google

Lage der Sache muß angenommen werden, daß die Typhuserreger der Milch durch Spülwasser zugeführt wurden; denn der Brunnen, aus welchem der Milchmann das Wasser zum Spülen der Gefäße entnahm, befand sich in der Nähe von Aborten und lieferte stark verunreinigtes Wasser*).

Es ist auch in solchen Fällen meist leicht erklärlich, wie die Typhuskeime in die Milch kommen. Oft finden Infiltrationen von Abtrittsgruben in Brunnenleitungen statt, das Wasser kann dann, wenn Typhuskranke im Hause sind, mit Typhusbazillen, die ja bekanntlich in den Entleerungen der Kranken enthalten sind, verunreinigt werden, und später auch die Milch, wenn das Wasser zum Reinigen der Milchgefäße gebraucht wird. Auch ist eine noch direktere Übertragung leicht denkbar, wenn die gleichen Personen den Kranken pflegen und das Melken besorgen. In dieser Beziehung sind Sammelmolkereien nicht ungefährlich, da durch sie die verseuchte Milch einzelner Stallungen größere Verbreitung findet, indem durch dieselbe alle Milch infiziert werden kann**).

Was die Lebensdauer der Typhusbazillen in milchwirtschaftlichen Produkten anlangt, so stellte Laser fest, daß dieselben in Butter erst nach 5—7 Tagen absterben. Bolley und Field geben als Grenze 10 Tage an***).

3. Cholerabazillen. In gleicher Weise wie beim Typhus kann Milch mit Cholerabazillen verunreinigt werden. In gekochter Milch vermehren sie sich sehr stark. In roher Milch scheinen sie nach Versuchen von Cunningham nach 24 Stunden von den gewöhnlichen Milchbakterien verdrängt und durch die eintretende saure Reaktion abgetötet zu werden. Indessen ist ein Fall bekannt, in welchem auf einem Schiffe alle Matrosen, welche von einer Milch getrunken hatten, der durch Choleraentleerungen verunreinigtes Wasser beigemischt worden war, an Cholera erkrankten. Auch stellte Laser fest, daß Cholerabazillen in Butter erst nach 4—5 Tagen absterben. Im Käse scheinen sie nicht besonders gefährlich zu sein. Weigmann, welcher kuhwarme Milch mit Cholerabazillen infizierte, so daß dieselben zu den gewöhnlichen Milchbakterien im Verhältnis von 3:5 standen, und aus der Milch kleine Limburger Käse herstellte, sah nur in einem unter 6 Fällen die eingeimpften Bazillen 22 Stunden lebensfähig bleiben. Da die Käse

*) Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene 1896, Bd. II.

**) Milchzeitung 1902, Nr. 46.

***) Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abt. 1898, Bd. IV, S. 881.

Digitized by Google

erst später in den Handel kommen, können sie die Cholera nicht verschleppen. Auch diejenigen Käse, die frisch genossen werden, bringen keine große Gefahr mit sich, denn solche werden meist aus Sauermilch hergestellt und in dieser Milch sterben die Cholerabazillen rasch ab. Heim, der 50 g Quarg mit einer ganzen Agarkultur infizierte, konnte den Cholerabazillus nach 24 Stunden nicht mehr nachweisen*).

4. Andere pathogene Bakterien. Auch Diphtherie und Scharlachfieber sollen durch Milch verschleppt worden sein. Nach Hart entstanden in dieser Weise in England vierzehn Scharlach- und sieben Diphtherie-Epidemien.) Obwohl der Erreger des Scharlachs bis jetzt nicht bekannt ist und somit in diesen Fällen ein strikter Beweis des Zusammenhanges nicht erbracht ist, so ist die Möglichkeit der Übertragung doch wohl annehmbar. Ferner könnte man noch viele Fälle anführen, in welchen nach dem Genuß einer bestimmten Milch infektiöse Verdauungsstörungen entstanden, die jedenfalls durch bestimmte Bakterienarten hervorgerufen werden, z. B. Coli-Bakterien, Bacillus enteritidis, u. a. m. Ferner können auch Tierseuchen, wie Schweineseuche, Maul- und Klauenseuche u. a. m. durch die Milch verschleppt werden. Auch auf Menschen soll die Milch von maul- und klauenseuchekranken Tieren infektiös wirken, nach Behla soll aber eine solche Übertragung äußerst selten sein. Endlich kann man die Erreger der verschiedenen Euterentzündungen in der Milch antreffen, wenn dieselbe von euterkranken Tieren stammt (Mastitis-Coli-Bakterien, Mastitis-Streptokokken und Mastitis-Staphylokokken). Jedenfalls beweisen die angeführten Tatsachen zur Genüge, daß die Milch zum Träger vieler Krankheiten werden kann, wenn sie deren Erreger enthält. Aber nicht nur für die öffentliche Gesundheit ist diese Frage von Bedeutung, sondern auch wegen der Einbuße, die dadurch für Molkereigenossenschaften entstehen kann. Wird nämlich festgestellt, daß die Milch einer Molkerei z. B. Typhus verbreitet, so ist der Verkauf derselben zu untersagen, bis die Ursache der Verunreinigung aufgefunden und beseitigt ist. Dieses wird indessen öfters längere Zeit erfordern und die damit zusammenhängenden Störungen im Betriebe des Molkereigewerbes können für die Interessenten sehr weitgehende schädliche Folgen nach sich ziehen. Es kann daher nicht Sorge genug getragen werden, um die Infektion der Milch durch pathogene Bakterien zu verhüten.

*) Milchzeitung 1894, Nr. 6, S. 82.

Digitized by Google

II. Die gewöhnlichen Milchbakterien.

Wir gehen nun über zu denjenigen Bakterien, deren gewöhnlicher Fundort die Milch ist, und welche daher als eigentliche Milchbakterien angesehen werden können. Dieselben sind für uns besonders wichtig, weil sie in der Milch verschiedene Veränderungen und Zersetzungen hervorbringen, welche im Milchwirtschaftsbetriebe teils schädlich, teils auch von Nutzen sind. Denn auch in der Milchwirtschaft sind einzelne Produkte, wie Käse, gesäuerte Milch und gesäuerter Rahm u. dergl. m. die Folge eines bestimmten gärungsartigen Prozesses, der durch Bakterien verursacht wird. Diese letzteren sind daher zu pflegen und zu schützen, wie es mit der Hefe geschieht, welche bei der Gärung des Weines und Bieres nötig ist.

Die gewöhnlichen Milchbakterien können wir je nach der Art ihrer Wirkungsweise in der Milch und in den Milchprodukten auf Grund ihrer Vorliebe für die verschiedenen Bestandteile der Milch, in drei Hauptgruppen einteilen, nämlich in solche die hauptsächlich den Milchzucker, in solche die hauptsächlich das Kaseïn und endlich in solche die auch das Milchfett angreifen. Diese Trennung ist indessen nicht immer eine ganz scharfe, denn wir werden sehen, daß Milchsäurebakterien auch das Kaseïn angreifen können, wie es auch Bakterien gibt, die trotzdem sie sich mit Vorliebe dem Kaseïn zuwenden, doch auch den Milchzucker nicht vernachlässigen. Indessen erleichtert die Aufstellung dieser Hauptgruppen die Übersicht. Daneben werden wir einzelnen Bakterien, die zwar im Allgemeinen zu der einen oder anderen Gruppe gehören, infolge der ganz spezifischen Veränderungen, die sie in der Milch hervorbringen, einen besonderen Platz einräumen. So z. B. die Bakterien der blauen Milch, der fadenziehenden Milch usw.

A. Bakterien, die mit Vorliebe den Milchzucker angreifen.

1. Milchsäurebakterien. Überläßt man eine frische Milch sich selbst, so ist sie je nach der Temperatur nach 1—4 Tagen schön gleichmäßig erstarrt, geronnen, und dabei stark sauer geworden. Diese Gerinnung ist das Werk der sog. Milchsäurebakterien. Es gibt nämlich nicht eine, sondern eine ganze Anzahl von Bakterien, deren augenfälligste Eigenschaft darin besteht, den Milchzucker in Milchsäure überzuführen, wobei oft auch Essigsäure, Kohlensäure und andere flüchtige Produkte entstehen. Ein gewisser Säuregrad der Milch bedingt nun bekanntlich deren Gerinnung, so z. B. wenn man Milchsäure, Essigsäure usw. hinzusetzt. Die von den Bakterien in der Milch gebildete

Digitized by Google

Milchsäure verursacht daher, sobald sie in hinreichender Menge da ist, die Gerinnung der Milch. Diese Milchsäurebakterien lassen sich einteilen in spezifische Milchsäurebakterien, welche die regelmäßige Ursache der Säurebildung in Milch und Milchprodukten sind, und in fakultative Milchsäurebakterien, d. h. solche, die nicht gewöhnlich in saurer Milch sich vorfinden, jedoch auch, wenn man sie in sterile Milch verimpft, Milchsäure erzeugen können. Letztere sind also keine eigentlichen Milchbakterien, sondern gehören zur Gruppe derjenigen Bakterien, die mehr zufällig in die Milch hineingelangen können. Neben ihrer Haupteigenschaft, den Milchzucker zu zersetzen, besitzen indessen gewisse Milchsäurebakterien auch die Befähigung, das Kasein der Milch, wie neuere Untersuchungen gezeigt haben, anzugreifen. Wir werden ihnen bei Besprechung der Käsereifung noch begegnen.

Als Hauptrepräsentant der Milchsäurebakterien kann man einen von Günther und Thierfelder, sowie von Leichmann konstant aus spontan geronnener Milch gezüchteten Mikroorganismus bezeichnen, das Bacterium lactis acidi (identisch mit dem Bacillus lacticus und dem Bacillus acidi paralactici). Nach ihrer Beschreibung ist dasselbe unbeweglich, 0,5 – 0,6 μ breit und 1,0 μ lang, bildet keine Sporen, wächst am besten bei 28°, verflüssigt die Gelatine nicht, bildet auf derselben kleine, etwas erhabene Kolonien, und entwickelt sich üppig in milchzuckerhaltiger Bouillon unter starker Säuerung, ohne Gasbildung.

In sterile Milch verimpft ruft es je nach der Temperatur schneller oder langsamer eine gleichmäßige Gerinnung hervor. Die geronnene Milch wird in der Folge nicht mehr flüssig. In der Praxis sieht man freilich eine geronnene Milch mit der Zeit wieder flüssig werden und dabei einen schlechten Geruch und Geschmack annehmen; es ist dieses aber das Werk anderer Mikroorganismen, welche sich später entwickeln und deren Tätigkeit wir weiter unten besprechen werden.

Außer diesem Milchsäurebakterium sind indessen aus saurer Milch noch verschiedene andere Bakterien gezüchtet worden, die gleichfalls die Eigenschaft besitzen, Milch unter Säurebildung zum Gerinnen zu bringen. Wir nennen unter diesen den Milchsäurebazillus von Grotenfelt, der außer Milchsäure auch Kohlensäure und Alkohol bildet, das Bacterium acidi lactici Grotenfelt, den Micrococcus lactis I Hueppe, den Micrococcus lactis II Hueppe, den Micrococcus acidi lactici Marpmann, den Sphaerococcus acidi lactici Marpmann, das Bacterium limbatum acidi lactici

Digitized by Google

Marpmann, und den Streptococcus acidi lactici Grotenfelt, den Micrococcus lactis acidi und den Bacillus lactis acidi von Leichmann. Aus Emmentalerkäsen sind ferner nebst Kokken- auch mehrere Bazillenarten gezüchtet worden, die den Milchzucker vergären, so Bac. casei α, Bac. casei δ, Bac. casei ε, Bac. casei γ und andere mehr. Bei Besprechung der Käsereifung kommen wir auf dieselben zurück. Alle diese Milchsäurebakterien verflüssigen die Gelatine nicht. Letzteres tut jedoch der von Krueger beschriebene Micrococcus acidi lactici sowie ein von Boekhout und de Vries*) aus Cheddarkäse isolierter Diplokokkus. Derselbe bildet auch oft Ketten von 4—5 Gliedern, zuweilen auch ganz lange Ketten. Außer Milchsäure bildet er ein pepsinartiges und ein labartiges Enzym. Mit letzteren sind auch die später zu erwähnenden, ebenfalls zu den Milchsäurebakterien gehörenden, die Gelatine verflüssigenden Kokken verwandt, die bei der Käsereifung wahrscheinlich mitwirken. Bei sehr verschiedenen Gärungsprozessen hat man ebenfalls Milchsäurebildner gefunden, so bei der Sauerkrautgärung, bei der Gärung der sauren Gurken, bei der Brotgärung, in der Spiritusfabrikation u. dergl. mehr.

Auch die Bakterien der sog. Coli- und Aërogenesgruppe kann man zu denselben zählen. Es sind dieses Bakterien, die den Milchzucker unter starker, oft stürmischer Gasentwicklung (Kohlensäure) vergären. So kann Bact. aërogenes, wenn es in einen Kolben eingesäet wird, der mit 100 Kubikzentimeter 5 %iger Milchzuckerbouillon gefüllt ist, über 300 Kubikzentimeter Gas bilden.

Noch hinzuzufügen wäre, daß diese eigentlichen Milchsäurebakterien gewöhnlich keine Sporen bilden und daher gegen Wärme nicht sehr widerstandsfähig sind; eine Temperatur von ca. 70° C tötet sie meistens ab. Diese Bakterien sind nun schädlich, wenn es sich um Aufbewahrung der Milch handelt, denn sie sind die Ursache der spontanen Gerinnung derselben; auch wenn sie dieselbe noch nicht zum Gerinnen gebracht haben, können sie sie bereits so weit angesäuert haben, daß sie das Kochen nicht mehr verträgt, sondern dabei flockig gerinnt, eine den Hausfrauen nur zu oft begegnende Unannehmlichkeit. Sehr schädlich können sie auch bei der Käsefabrikation werden, wenn sie nämlich zur Gruppe der Blähungserreger gehören, d. h. der bereits erwähnten Milchsäurebakterien, welche den Milchzucker unter starker Gasproduktion spalten. Es ist nach dem Gesagten leicht begreiflich, daß solche Bakterien, wenn sie im Käse in größerer Quantität sich befinden, durch

*) Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung, 1904, Bd. XII, S. 587.

Digitized by Google

die gebildeten Gase Auftreibung der Käselaibe und eine schlechte Lochung bewirken müssen. Hiervon jedoch später bei Besprechung der anormalen Käsereifungsvorgänge. In vielen Fällen jedoch sind sie nutzbringend, da nämlich, wo ein teilweises Sauerwerden der Milch zur Herstellung eines Milchproduktes erforderlich ist. So wird z. B. in Deutschland und Frankreich fast alle Butter aus leicht sauer gewordenem Rahme hergestellt und auch bei uns, in der Schweiz, hat sich dieses Verfahren eingebürgert, wenn die Butter exportiert wird, z B. nach Paris, indem eine solche Butter haltbarer ist und dem Geschmack der dortigen Konsumenten besser zusagt. Das Verfahren besteht bekanntlich darin, daß man zu dem Rahme eine geringe Menge leicht sauer gewordener Milch hinzusetzt und ihn bis zum anderen Tage stehen läßt. Der Rahm ist dann leicht angesäuert und zum Verbuttern bereit. Um jeden Tag saure Milch, den sog. Säurewecker, im richtigen Stadium zu haben, muß man jedesmal 1 oder 2 Liter derselben zu frischer oder noch besser pasteurisierter (über das Pasteurisieren sprechen wir später) Milch oder auch Magermilch zusetzen; diese Milch wird dann am folgenden Tag als Säurewecker für den Rahm gebraucht. Damit nun die Butter gut werde, muß diese Ansäuerung eine richtige sein, und da dieselbe von Bakterien verursacht wird, hängt alles von der Natur der Letzteren ab. Enthält z. B. der Säurewecker Bakterien, welche in der Milch schlecht riechende Produkte bilden, so wird dem Rahme auch ein schlechter Geruch und Geschmack sich mitteilen. Man muß daher trachten, im Säurewecker nur solche Bakterien zu haben, welche im Gegenteil, wie besonders Storch in Kopenhagen gezeigt hat, eine richtige Säuerung und ein gutes Aroma bewirken. Es ist denn auch Weigmann in Kiel gelungen, solche Bakterien zu finden und durch Benutzung von Reinkulturen derselben Butter sehr guter Qualität herzustellen. Das Verfahren bleibt das gleiche, nur benutzt man als ersten Säurewecker nicht eine von selbst sauer gewordene Milch, sondern eine solche, die man durch Zutat einer Reinkultur sauer hat werden lassen. Nach Vorschrift Weigmann's soll die Milch, die dazu benutzt wird (Magermilch), vorher pasteurisiert werden, damit die hinzugesetzten Bakterien nicht etwa Gefahr laufen, von den in der benutzten Milch bereits vorhandenen Bakterien unterdrückt zu werden. Ebenso soll auch der Rahm, dem der Säurewecker hinzugefügt wird, vorher pasteurisiert werden. Indem man nun Tag für Tag mit dem fertigen Säurewecker einen neuen Säurewecker für den folgenden Tag bereitet, gelingt es, dem Produkte Gleichmäßigkeit und gute Qualität zu verleihen. Jedenfalls

Digitized by Google

ist Weigmann's Bakterie nicht die einzige Bakterienart, die richtige Säuerung hervorbringt, und man wird unzweifelhaft noch andere finden, die vielleicht dem Geschmacke gewisser Städte oder Länder noch besser zusagen. Ob das eigentliche Aroma der Butter von diesen Milchsäurebakterien allein verursacht wird oder ob zur Bildung desselben noch andere Bakterien mitwirken müssen, ist eine noch unentschiedene Frage. Jedenfalls aber stimmen fast alle diejenigen, die diese Reinkulturen brauchen, und dieselben werden in Dänemark und Norddeutschland in großem Maßstabe verwendet, darin überein, daß sie die Säuerung des Rahmes sehr günstig beeinflußen und ein sehr gleichmäßiges Produkt liefern*). Hier hätten wir also ein Beispiel,

*) Da der Gebrauch von Reinkulturen bei der Rahmsäuerung zuerst in Dänemark sich ausbildete, wollen wir hier noch das in den dänischen Molkereien geübte Verfahren angeben, wie solches von Orla Jensen beschrieben worden ist (Maelkesyre bakteriernes Anvendelse til Flödens Syrning. Maelkeritidende 1897). Die Reinkultur wird in nur wenig, aber ausgewählte, pasteurisierte reine Milch verpflanzt und man läßt diese nur mit wenigen, sehr reinen, durch Dampf ausgebrühten Gefäße in Berührung kommen. Von der auf diese Weise hergestellten Muttersäure bereitet man für den folgenden Tag in ähnlicher Weise eine neue Muttersäure, die Hauptmenge davon wird aber zur Impfung einer für den Betrieb (Rahmsäuerung) hinreichenden Menge Milch, die Säure verwendet. Die Muttersäure- und Säuremilch sind entweder Vollmilch oder zentrifugierte Milch. Im letzteren Falle wird sie vor der übrigen Milch zentrifugiert, um nicht von dieser infiziert zu werden. Die Milch für diese zwei Säurewecker wird gewöhnlich bei höherer Temperatur pasteurisiert als der Rahm. Die Pasteurisierung wird in hohen zylindrischen, verzinnten, eisernen Gefäßen (Schwarz'schen Gefäßen) vorgenommen, indem man diese in kochendes Wasser stellt. Bevor die Säurewecker verwendet werden, entfernt man die oberste Schicht derselben, rührt die ganze Masse gut um, und prüft den Geruch und den Geschmack sehr sorgfältig. Der Rahm wird in den Pasteurisierungsapparaten auf ca. 85° C erwärmt und gleich nach der Abkühlung setzt man die Säure zu. Die Ansetzungstemperatur variiert etwas, ist aber gewöhnlich sehr niedrig, ca. 16° C. Über die Menge der Säurewecker sind die Meinungen sehr verschieden; man verwendet von denselben 2—25 %. Nach Jensen soll man um so weniger Säurewecker und um so höhere Ansetzungstemperatur gebrauchen, je reiner die Milch ist, welche der Molkerei zur Verfügung steht; je unreiner sie ist, desto mehr Säurewecker und desto niedrigere Temperatur soll man verwenden. Von großer Bedeutung ist es, die Säuerung im rechten Augenblick durch Abkühlen unter 10° C zu unterbrechen. Der Rahm soll ohne Ausrühren einen homogenen Brei ohne Klumpen bilden. Zu weit getriebene Säuerung schadet sowohl dem Aroma, als auch der Konsistenz der Butter. Für eine passende Säuerung rechnet man ca. 11 Stunden, z. B. von 11 Uhr vormittags bis 10 Uhr abends; die Nacht über wird dann der Rahm in abgekühltem Wasser gehalten. Sind die Rahmtonnen von Holz, so muß man zu diesem Zwecke den Rahm in Metallgefäße umgießen.

Digitized by Google

wie in der Milchwirtschaft Bakterien eine nützliche Rolle spielen und für diesen Zweck benutzt werden können. Auch bei der Reifung des Käses spielen die Milchsäurefermente eine wesentliche Rolle, die wir später kennen lernen werden.

2. Buttersäurebakterien. Als solche bezeichnet man Bakterien, die als Hauptprodukt aus dem Milchzucker Buttersäure bilden, wobei freilich auch Milchsäure und andere Produkte gebildet werden können. Die bis jetzt bekannten typischen Repräsentanten derselben gehören zu den anaëroben Bazillen. Sie besitzen meist sehr widerstandsfähige Sporen und man kann sie leicht isolieren wenn man Milch auf 80—90° C erwärmt und in eine verschlossene Flasche bringt. Durch das Erwärmen werden nämlich die Milchsäurebakterien und die meisten anderen Mikroorganismen abgetötet, so daß die am Leben gebliebenen Sporen der Buttersäurebazillen sich ungehindert entwickeln können. Die Gasproduktion ist dabei eine so stürmische, daß die Flasche oft platzt, wenn man ein Entweichen der Gase nicht vorher ermöglicht. Sie können nicht bloß Milchzucker, sondern auch milchsaure Salze vergären. Schattenfroh und Graßberger*) haben zwei Hauptvarietäten der Buttersäurebildner beschrieben, den beweglichen und den unbeweglichen Buttersäurebazillus.

B. Bakterien, die hauptsächlich das Kaseïn zersetzen.

Während die Milchsäurebakterien in der Milch in erster Linie den Milchzucker angreifen, so gibt es eine zweite Gruppe von Bakterien in derselben, deren Hauptnahrung das Kaseïn bildet. Es sind dies im allgemeinen Bakterienarten, die an den verschiedensten Verwesungs- und Fäulnisprozessen in der Natur teilnehmen. Duclaux, der mehrere Arten derselben aus Cantal-Käse isolierte, hat sie zuerst genauer untersucht und sie als „Fermente**) des Kaseïns" bezeichnet und ihnen den Namen Tyrothrix beigelegt. Er beschreibt eine ganze Reihe derselben***) (T. tenuis, filiformis, distortus, geniculatus, turgidus, scaber, virgula, urocephalum, claviformis, catenula), deren Wirkungen in der Milch er genau studierte. Die sieben ersteren sind aërobe Bakterien, die drei letzteren gehören zu den Anaëroben.

---

*) Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung 1899, Bd. V, S. 209.

**) „Fermente" hier im Sinne von organisierten Fermenten, d. h. Mikroorganismen gebraucht.

***) Duclaux, Le lait 1887, p. 213.

Digitized by Google

Auch sie bringen die Milch zum Gerinnen, jedoch nicht durch Säurebildung, sondern indem sie in der Milch eine Art Labferment produzieren. Züchtet man diese Bakterien z. B. in Bouillon und entfernt man sie mittelst Filtration durch Tonfilter, so kann man durch Zusatz der Kulturflüssigkeit zu Milch letztere labartig zum Gerinnen bringen. Von einer Art (Tyrothrix tenuis) z. B. fand Duclaux, daß sie in Milch bei 37° C gezüchtet, in 11 Minuten das 30fache des eigenen Gewichtes an Milch zum Erstarren zu bringen vermag und in 2 Stunden das 120fache; Conn gelang es auch, aus den Kulturen einer anderen Art dieses Labferment in Form eines Pulvers zu isolieren, welches ähnlich wie Lab wirkte. Diese Bakterien haben ferner die Eigentümlichkeit, daß sie die geronnene Milch in der Folge vermittelst eines zweiten Fermentes wieder auflösen. Dieses zweite Ferment nannte Duclaux Kasease, und dasselbe spielt nach ihm bei der Reifung des Käses eine wichtige Rolle, indem die eigentümlichen Veränderungen, die das Kaseïn beim Reifen durchmacht, der Einwirkung desselben zuzuschreiben wären. Indessen begnügen sie sich nicht, in der erwähnten Weise auf das Kaseïn einzuwirken (Gerinnung und Lösung), sondern zersetzen es weiter in mannigfaltiger Weise, wobei verschiedene Körper, wie Peptone, Leucin, Tyrosin, Ammoniak, Buttersäure usw. gebildet werden. Sie gehören meist zu den Bazillen und besitzen vielfach Sporen, die oft ganz unglaublich widerstandsfähig sind. So können z. B. die Sporen der erwähnten Tyrothrix tenuis eine feuchte Temperatur von 115° C bis 120° C etwa eine Minute lang vertragen. Diese Arten sind es besonders, welche eine vollkommene Sterilisierung der Milch, von der wir später sprechen werden, erschweren. Sie gehören zum größten Teil zur zahlreichen Gruppe der sog. Heu- und Kartoffelbazillen, die man so benannt hat, weil man sie zuerst in Heuaufgüssen und auf Kartoffeln fand, die aber eigentlich nichts anderes sind, als überall weitverbreitete Bewohner der Erdoberfläche.

Die von Duclaux angeführten Tyrothrixbazillen stellen jedoch nur einen Bruchteil der existierenden Kaseïnbakterien dar. So sind noch zu erwähnen die Gruppe des Bacillus fluorescens und diejenige des Proteus, alles Bakterienarten, deren zersetzende Tätigkeit den Fäulnisprozessen sehr nahe steht, ferner die Bakterien der eigentlichen anaëroben Fäulnis (darunter auch die bereits erwähnte Tyrothrix urocephalum Duclaux), bei welcher höchst unangenehme Gerüche gebildet werden. Die bisher erwähnten Arten gehören alle zu den Stäbchenformen; außer denselben gibt es aber noch eine ganze Anzahl

Digitized by Google

Kokken, die in der Milch stets vorhanden und ebenfalls befähigt sind, das Kaseïn anzugreifen*). Diese Kokken sind überhaupt sehr verbreitet, man findet sie in der Stallluft und besonders auf der Hautoberfläche. Es ist daher nicht zu verwundern, daß sie während des Melkens in so großer Zahl in die Milch gelangen. Sie bringen die Milch durch Bildung eines labartigen Enzyms zur Gerinnung und lösen später das Koagulum auf, bilden aber dabei auch Säure, besonders Milchsäure und Essigsäure**), weshalb wir sie bereits unter den Milchsäurebakterien erwähnt haben.

C. Bakterien und Schimmelpilze, die das Milchfett angreifen können.

Auch das Milchfett kann von gewissen Bakterien und anderen Mikroorganismen angegriffen werden. Es sind zwar dieses nicht solche Lebewesen, die sich etwa bloß von Fett ernähren, sie können aber neben anderen Wirkungen auch Fettspaltungen hervorbringen. Für uns haben sie ein gewisses Interesse, weil ein Teil der Fettzersetzungen, die bei dem Ranzigwerden der Butter auftreten, wie wir später sehen werden, von ihnen herrühren. Es kommen hier insbesondere in Frage das Oïdium lactis und Schimmelpilze, aber auch einige eigentliche Bakterien, wie der schon erwähnte Bacillus fluorescens und der Bacillus prodigiosus, dem wir bei der roten Milch noch einmal begegnen werden.

D. Bakterien, die besondere Erscheinungen in der Milch hervorrufen.

1. Blaue Milch. Eine öfters beobachtete Krankheit der Milch ist das Erscheinen blauer Flecken auf derselben, welche entweder auf

*) Eine Anzahl dieser Kokken sind von Thöni und mir näher beschrieben worden. Landwirtsch. Jahrbuch der Schweiz, 1903, S. 234.

**) Gorini. Landwirtsch. Jahrbuch der Schweiz 1902, S. 22. In einer späteren Arbeit hat dieser Forscher vorgeschlagen, aus diesen Kokken und anderen säurelabbildenden Bakterien eine besondere Gruppe zu bilden (Revue Générale du Lait, III, p. 560), weil sie die Milch unter Säurebildung peptonisieren, während die Tyrothrix-Bakterien die Milch nicht sauer machen. Indessen ist hier diese Säurebildung Nebensache und erleichtert nicht etwa das Werk dieser Kokken. Im Gegenteil hat Orla Jensen (Landwirtsch. Jahrbuch der Schweiz 1904, S. 350), an dem Beispiel des Micrococcus casei liquefaciens gezeigt, daß ihre peptonisierende Wirkung gefördert wird, wenn die Säure neutralisiert wird. Die Wirkung seiner proteolytischen Enzyme ist daher wie diejenige der übrigen vorerwähnten Kaseïnbakterien mehr eine trypsinartige als eine pepsinartige.

Digitized by Google

einzelne Stellen der Oberfläche beschränkt bleiben, oder auch dieselbe ganz überziehen. Je nach der Temperatur vollzieht sich diese Erscheinung innerhalb 24—72 Stunden. Schon 1838 hat Steinhoff und 1841 Fuchs gezeigt, daß dieser Milchfehler übertragbar ist und letzterer wies in solcher Milch die Gegenwart eines bestimmten Mikroorganismus nach, den er jedoch nicht künstlich züchten konnte, weil die bakteriologischen Methoden damals noch zu unvollständig waren. Diese Bakterie, Bacillus cyanogenes genannt, wurde in der Folge besonders von Neelsen, Hueppe, Heim und Gessard studiert. Dieser Bazillus ist lebhaft beweglich, 1—4 μ lang und 0,3—0,5 μ breit. Die Gelatine verflüssigt er nicht, färbt sie aber dunkel. Das von ihm verursachte Blauwerden der Milch ist an bestimmte Bedingungen geknüpft, die uns ein hübsches Beispiel der sog. Symbiose der Bakterien bieten, d. h. eines in einigen Fällen notwendigen Zusammenlebens mehrerer Arten zur Hervorbringung gewisser Erscheinungen. Säet man nämlich diesen Bazillus in sterile Milch ein, so wird die Milch nur schmutzig grau und nicht blau. Nur in nicht sterilisierter Milch treten die blauen Flecken auf und dieses rührt davon her, daß der blaue Farbstoff bloß in Gegenwart von Säure sich bildet. In nicht sterilisierter Milch aber wird von den stets in derselben gegenwärtigen Milchsäurebakterien Milchsäure gebildet und diese benutzt nun unser Bazillus, um seinen Farbstoff zu produzieren. In sterilisierter Milch dagegen fehlen die Milchsäurebakterien, daher auch die Säure, und die blauen Flecken treten nicht auf. Auch ist es nicht das Gleiche, wenn man einer sterilisierten Milch etwa von Anfang an eine ziemliche Dosis Säure zusetzt; in diesem Falle wächst der Bacillus cyanogenes nicht, weil er einen Überschuß von Säure nicht verträgt. In der rohen Milch dagegen verbraucht er die Säure alsbald wie sie sich eben bildet, so daß eine Anhäufung derselben nicht stattfindet und die Nährflüssigkeit daher stets eine günstige Reaktion behält. Will man das Blauwerden in sterilisierter Milch möglich machen, so muß man derselben eine neutrale Substanz beifügen, aus der der Bazillus die ihm nötige Säure allmählich selbst bilden kann, denn allein kann er den Milchzucker nicht in Milchsäure umsetzen. Fügt man z. B. Glykose hinzu, so vergärt er dieselbe unter Säurebildung und die blaue Färbung tritt auf. Dieser Organismus wird durch eine Temperatur von 80° C in einer Minute abgetötet. Gegen 10 % Sodalösung und 5 % Natronlauge hingegen ist er sehr widerstandsfähig. Das Eintrocknen verträgt er auch gut.

Digitized by Google

2. Rote Milch. Auch rote Milch kann auf die Tätigkeit von Bakterien zurückgeführt werden. Ich sage „kann", denn es gibt auch Fälle, in welchen die Milch rötlich ist, ohne daß Bakterien im Spiele sind. Es ist dies der Fall, wenn Kühe an Euterentzündungen leiden, und infolgedessen die Milch mit etwas Blut vermischt ist. Auch enthält gelegentlich kurz nach dem Kalben die Milch etwas Blut, ohne daß diese Beimischung schädliche Folgen hat. In solchen Fällen aber ist die Milch schon gleich nach dem Melken rötlich und gibt beim Stehen einen roten Bodensatz. Sind dagegen Bakterien die Ursache dieser Erscheinung, so tritt die rote Farbe erst später auf, dann nämlich, wenn die ansteckenden Bakterien, die von außen her hineingelangt sind, Zeit gehabt haben sich zu vermehren und ihren Farbstoff zu bilden.

Es gibt verschiedene Bakterien, denen diese Fähigkeit zukommt:

a) Bacillus prodigiosus. Dieser Bazillus erzeugt nur auf der Oberfläche der Milch rote Flecken. Die übrige Milch bleibt farblos. Er besteht aus kurzen Stäbchen, die beweglich sind. Auch auf anderen Substanzen, besonders auf Kartoffeln, erzeugt er einen intensiven roten Farbstoff. Auch ein labartiges Ferment wird von ihm produziert wie Gorini nachgewiesen hat. Die Gelatine wird von ihm verflüssigt.

b) Sarcina rosea Menge, die Rosasarzine. In sterilisierte Milch eingesäet, wächst diese Bakterie auf der Oberfläche und verleiht zunächst der Rahmschicht eine rote Farbe, die allmälig auch den Rest der Milch ergreift.

c) Sarcina rosea Schröter. Diese Bakterienart färbt die Milch mehr braunrot.

d) Bacterium lactis erythrogenes. Rotes Milchbakterium. Dasselbe wurde von Hueppe aus roter Milch isoliert. Seine Länge beträgt ca. 1,0—1,4 μ, seine Breite 0,3—0,4 μ. Es verflüssigt die Gelatine und färbt sie rot. Es ist unbeweglich. In Milch eingesäet bewirkt es Ausscheidung und Peptonisierung des Kaseïns bei neutraler Reaktion. Die Rahmschicht wird nicht rot, wohl aber das darunter befindliche Serum. Eigentümlich ist, daß der Farbstoff nur im Dunkeln sich bildet.

e) Ein von Keferstein aus roter Milch isolierter Mikrokokkus. Derselbe färbt nur die Oberfläche rot, und zwar nach 4—6 Tagen. Wächst gut nur bei Zimmertemperatur. Auf Gelatine, die nicht verflüssigt wird, kirschrote Kolonien, auf Agar rosaroter Rasen*)

*) Zentralblatt für Bakteriologie, I. Abteilung, Bd. XXI, 1897, S. 177.

Digitized by Google

f) Bacillus lactorubefaciens Gruber*). Bei 20°—22° C tritt Rosafärbung in der Milch am 4. Tage ein, die am 7. Tage sehr deutlich ist. Bei Zusatz von Traubenzucker ist die Rosafärbung schon am 2. Tage intensiv. Dieser Bazillus macht die Milch gleichzeitig schleimig. Er unterscheidet sich von Bacillus prodigiosus und Bacterium lactis erythrogenes dadurch, daß seine Kolonien auf Gelatine und Agar weiß sind. Die Gelatine wird nicht verflüssigt. Er besitzt peritrich angeordnete Geißeln. In Milchkulturen sind die Stäbchen bis 3,5 μ lang und 0,4—0,6 μ breit.

3. Gelbe Milch. Mehrere Bakterienarten können auch eine gelbe Verfärbung der Milch hervorbringen. Am bekanntesten ist der sog. Bacillus synxanthus Schröter. Denselben fand man in gekochter Milch, die eine gelbe Farbe angenommen hatte. Es ist ein bewegliches Kurzstäbchen, welche das Kaseïn durch ein Labferment zum Gerinnen bringt und dann wieder auflöst, wobei eine gelbe Verfärbung auftritt. Derselbe gehört also eigentlich zu den Bakterien des Kaseïns und es wird ihm nur wegen der eigentümlichen Farbbildung ein besonderer Platz angewiesen.

Nach meinen Erfahrungen besitzen jedoch viele Bakterien, meist Fäulnisbakterien, die Fähigkeit diese Verfärbung der Milch herbeizuführen. In der Praxis ist diese Erscheinung wohl seltener, weil die Milch gewöhnlich nicht so lange aufbewahrt wird, daß diese Zersetzung sich vollziehen könne.

4. Bittere Milch. Ein häufig beobachteter Milchfehler ist die Bitterkeit der Milch. Öfters freilich rührt dieser Fehler von verschiedenen Futtermitteln her, z. B. unentbitterten Lupinen, Hundskamillen usw. Jedoch besitzen auch gewisse Bakterien die Fähigkeit, bitteren Geschmack in der Milch hervorzubringen, indem sie Bitterstoffe, z. B. Pepton, bilden. Es ist dies indessen ein rein äußerliches Merkmal und es ist daher kaum gerechtfertigt, deswegen eine besondere Bakteriengruppe aufzustellen. Nur aus Gründen der Übersichtlichkeit mag es stattfinden. Die meisten dieser Bakterien gehören zur Gruppe der früher besprochenen Kaseïnfermente und man hat bis jetzt namentlich folgende Arten hervorgehoben.

a) Tyrothrix geniculatus, ein von Duclaux in Weichkäsen gefundener Bazillus, der Milch und Weichkäse bitter macht.

b) Weigmann's Bazillus der bitteren Milch. 1,5—1,8 μ lange und 0,9—1,1 μ breite Stäbchen, wenig beweglich, bilden Sporen.

*) Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung, 1902, Bd. VIII, S. 457.

Digitized by Google

In sterilisierte Milch eingesäet, bringt er bereits nach 24 Stunden einen sehr stark bitteren Geschmack hervor. Ein mit diesem Bazillus infizierter Käse schmeckte nicht bitter, diese Bakterie scheint also im Käse sich nicht zu vermehren.

c) Conn's Mikrokokkus der bitteren Milch. Derselbe wurde aus bitterem Rahme gezüchtet. Er ist aërob, verflüssigt die Gelatine und macht dieselbe schleimig. Die Milch, in welche er eingesäet wird, gerinnt, infolge Bildung eines Labfermentes, löst sich aber später wieder teilweise auf. Schleimig wird die Milch nicht wie die Gelatine. Der Geschmack der Milch wird sehr bitter.

d) Aus sehr bitter schmeckendem Käse habe ich einen Mikrokokkus isoliert, der in Milch verimpft, bitteren Geschmack hervorruft. Das gleiche tut er im Käse, wenn der Milch, aus welcher man den Käse bereitet, eine Kultur desselben bei dem Laben zugesetzt wird. Er ist wie Conn's Micrococcus fähig, die Gelatine zu verflüssigen, macht sie aber nicht fadenziehend. Die Milch bringt er infolge Säuerung zunächst zum Gerinnen, wobei gleichzeitig der bittere Geschmack hervortritt. In Bouillon und auf Nähragar wächst er ebenfalls sehr gut. Auf der Kartoffel bildet er einen weißlichen Rasen mit etwas gelblichen Rändern. Für denselben habe ich mit Rücksicht auf seine Eigenschaft im Käse Bitterkeit zu erzeugen, den Namen Micrococcus casei amari vorgeschlagen.

Damit wäre indessen die Liste der Bakterien, welche die Milch bitter machen können, lange nicht erschöpft, denn diese Fähigkeit kommt vielen Mikroorganismen zu. Eigentümlich ist, daß ein bitterer Geschmack meist in gekochter Milch auftritt, die eine zeitlang gestanden ist. Es kommt dieses daher, daß die Bakterien der bitteren Milch, wie bereits gesagt, meist zu den Kaseïnfermenten gehören. Wir wissen aber, daß ein großer Teil der letzteren sich durch bedeutende Widerstandskraft (Sporen) auszeichnen. Wird nun eine Milch aufgekocht, so sterben die Milchsäurebakterien und die am Leben gebliebenen Sporen der Bakterien der bitteren Milch keimen aus und vermehren sich stark. In roher Milch dagegen werden sie leicht von den Milchsäurebakterien verdrängt.

5. Seifige Milch. Eine eigentümliche Veränderung der Milch, die sog. „seifige Milch" haben Weigman und Zorn näher studiert*). Nach dem Melken ist die Milch normal, nach 24 Stunden aber nimmt sie einen unangenehmen, seifigen Geschmack an. Als Erreger dieser Krank-

*) Milchzeitung 1893, Bd. XXII, S. 569.

Digitized by Google

heit fanden sie einen Bazillus, der in Milch verimpft diesen seifigen Geschmack hervorbringt. Derselbe fand sich ebenfalls in dem Stroh vor, das den Kühen als Streu diente. Die Milch war also in diesem Falle durch das Stroh infiziert worden, als man die Streu während des Melkens änderte. Das Füttern der Tiere und das Ändern der Streu sollte man daher lieber zu einer anderen Zeit vornehmen.

Auch Eichholz*) hat ein Bacterium aus Milch isoliert, welches derselben ebenfalls seifigen Geschmack verleiht. Dasselbe zeichnet sich dadurch aus, daß es bei niedriger Temperatur (8°—10° C) sehr gut wächst, daher auch für durch niedere Temperatur konservierte Milch gefährlich werden kann. Eichholz hat dasselbe Bacterium sapolacticum genannt.

Zu dieser Gruppe gehört ferner der im Kapitel der Käsereifung zu besprechende Bacillus casei limburgensis, der in der sog. Schmiere der Limburgerkäse in großer Zahl vorhanden ist.

6. Fadenziehende Milch. Das Fadenziehen oder Schleimigwerden der Milch ist eine häufig auftretende Erscheinung, die sich darin äußert, daß 12—14 Stunden nach dem Melken die Milch und besonders der Rahm eine zähe Beschaffenheit annehmen, die oft so ausgesprochen ist, daß wenn man den Finger oder einen Glasstab eintaucht, die Milch in lange Fäden sich ausziehen läßt. Diese Veränderung der Milch wird auch von Bakterien hervorgerufen und ist leicht übertragbar. Meist wird sie als Milchfehler sehr gefürchtet, besonders in der Schweiz, wo eine solche Milch nicht gerne bei der Käsefabrikation verwendet wird; in anderen Ländern dagegen wird bei der Herstellung gewisser Milchpräparate eine fadenziehende Beschaffenheit der Milch gewünscht und künstlich hervorgerufen, so bei der Bereitung der langen Milch in Norwegen und des Edamer Käses in Holland.

Es gibt nun eine ganze Anzahl von Bakterien, welche die Milch fadenziehend machen können; wir wollen hier kurz diejenigen beschreiben, welche bisher genauer studiert worden sind.

a) Der erste, welcher fadenziehende Milch bakteriologisch untersuchte, ist Schmidt-Mühlheim (1883). In einer solchen Milch sah er eine außerordentliche Menge von Kokken, mit einem Durchmesser von 1 μ. Dieselben waren beweglich und waren teils isoliert, teils in Kettenform. Die Milch reagierte sauer. Leider hat er sie nicht gezüchtet, so daß eine Identifizierung mit den später kultivierten Arten nicht möglich ist.

*) Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung 1902, Bd. IX, S. 631.

Digitized by Google

b) Duclaux beschreibt zwei Bakterienarten, Actinobacter der schleimigen Milch und Actinobacter polymorphus, welche ebenfalls die Milch schleimig machen. Beide besitzen eine sog. Kapsel.

c) Aus Milch züchtete Loeffler einen Bazillus (Bacillus lactis pituitosi), welcher sterilisierte Milch schleimig macht. Er beschreibt ihn als dickes, leicht gebogenes Stäbchen, welches die Gelatine nicht verflüssigt. Bei Zimmertemperatur wächst er mäßig schnell, so daß in der Praxis seine Rolle wohl kaum eine bedeutende ist.

d) Bacillus lactis viscosus Adametz. Aus dem Wasser zweier Bäche bei Wien züchtete Adametz einen Bazillus, der die Milch sehr stark fadenziehend machte. Er fand ihn ebenfalls in den Abwässern mehrerer Fabriken. Dieser Mikroorganismus hat die Form kurzer Stäbchen, 1,25—1,75 μ lang und 1,10—1,35 μ breit. Gelatine verflüssigt er nicht. Er ist sehr luftbedürftig. In sterile Milch eingesäet, macht er sie erst nach einigen Tagen schleimig. Stark fadenziehend wird sie indessen bei Zimmertemperatur erst nach längerer Zeit. Dieser Umstand macht es wahrscheinlich, daß der erwähnte Bazillus wohl selten die Ursache des in der Praxis beobachteten Schleimigwerdens der Milch sein kann, da sie ja nie so lange aufbewahrt wird. Doch soll ihn Ward in Amerika in schleimiger Milch gefunden haben. In zwei Fällen konnte nachgewiesen werden, daß die Infektion der Milch durch das Eiswasser, in welches die Milchkannen gestellt waren, vermittelt wurde. Auch im Staube der betr. Räumlichkeiten fand ihn Ward*).

e) Van Laer hat aus fadenziehendem Biere zwei Bazillenarten isoliert, die ebenfalls der Milch eine fadenziehende Beschaffenheit geben können. Er hat sie Bacillus viscosus I und II genannt. Bac. viscosus I bildet überdies auf der Oberfläche eine gelbgrünliche stark schleimige Auflagerung; mit der Zeit löst er das Kaseïn auf und die ganze Milch nimmt einen grünlichen Ton an.

f) Auch eine ganze Schar der sog. Kartoffelbazillen, welche, wie früher erwähnt, zur Gruppe der Kaseinbakterien gehören, sind im Stande, der Milch eine schleimige Beschaffenheit zu verleihen. Eigentlich fadenziehend, d. h. in lange Fäden ausziehbar, wird sie jedoch dabei nicht.

g) Micrococcus der langen Wei. In Holland verwendet man bei der Fabrikation des Edamer Käses fadenziehende Molken. Aus denselben züchtete Weigmann einen Kokkus, der dieses Faden-

*) Further observations upon Ropiness in Milk and Cream, Cornell University Agricultural Experiment Station, Bulletin 195, November 1901.

Digitized by Google

ziehen erzeugte. Derselbe tritt oft in Kettenform auf, weshalb er auch Streptococcus hollandicus genannt wird. Er verflüssigt die Gelatine nicht. In sterilisierte Milch übertragen, macht er sie bei 25° C bereits in 12—15 Stunden fadenziehend, gleichzeitig wird die Milch sauer.

Das Verfahren bei der Verwendung der „langen Wei" ist ein ähnliches wie dasjenige der Rahmsäuerung bei der Butterfabrikation. Man fügt der Milch vor dem Verkäsen $^1/_2$—2 % 12 bis 24 Stunden alte „lange Wei" zu. Nach dem Verkäsen oder während desselben schöpft man einige Liter von den frisch erhaltenen Molken ab und bewahrt dieselben in einem steinernen oder metallenem Gefäß 12 bis 24 Stunden an einem mäßig warmen Orte auf. Nach dieser Frist sind die Molken „lang" geworden und werden nun weiter gebraucht. Jeden Tag fährt man so weiter fort.

h) Auch in Norwegen wird aus fadenziehender Milch ein eigenartiges Milchpräparat hergestellt, welches dort vielfach als Nahrungsmittel dient, das sog. Tätmjölk. Diese lange Milch wird dadurch gewonnen, daß man der Milch Blätter der Pinguicula vulgaris zusetzt. Auf diesen Blättern hat nun Jönsson einen Mikroorganismus gefunden, der die Milch fadenziehend macht und vielleicht mit demjenigen der langen Wei identisch ist. In diesem Falle dient die erwähnte Pflanze als Träger des spezifischen Mikroorganismus*).

Zu einem etwas anderen Resultate kommt Gerda Troili-Petersson**), welche schwedische Langmilch untersuchte. Als Erreger derselben beschreibt sie das Bacterium lactis longi, ein mit dem Bacterium lactis acidi sehr nahe verwandter Mikroorganismus. Derselbe ist ein Milchsäureferment, besitzt aber die Eigentümlichkeit, in zuckerhaltigen Nährmedien eine schleimige Substanz zu bilden. Am schnellsten geht diese Schleimgärung bei 25°—30° C vor sich. Bei ca. 8° ist sie noch möglich. Auf Pinguicula-Blättern hat Verfasserin ihr Bacterium nicht gefunden, auch nicht andere schleimige Gärungen verursachende Mikroorganismen. Nach ihr soll das Langwerden der Milch bei Zusatz von Pinguicula-Blättern einer Lösung des Gewächsschleimes zuzuschreiben sein. Dagegen ist es ihr geglückt durch Verimpfung von Blättern der Drosera longifolia eine typische Dickmilch herzustellen, die durch Langmilchbakterien hervorgerufen war.

---

*) Molkereizeitung Berlin 1898, Nr. 7.

**) Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. XXXII, S. 361 und Milchzeitung 1899, Nr. 28, S. 438.

Digitized by Google

i) Ferner hat Schütz aus einer schleimigen Milch einen besonderen Kokkus isoliert, der indessen in der Praxis keine große Rolle zu spielen scheint.

j) Auch der später zu erwähnende **Bacillus Guillebeau c** macht die Milch stark fadenziehend. Da derselbe sich bei Eutererkrankungen vorfindet, so wird in diesem Falle die Milch nicht erst nachträglich fadenziehend, sondern besitzt diesen Fehler schon beim Melken.

k) Wohl einer der häufigsten Erreger der fadenziehenden Milch, wenigstens in der Schweiz, ist der von **Guillebeau***) gefundene Mikrokokkus (von ihm **Micrococcus Freudenreichii** benannt). Derselbe wurde in der Nähe von Bern in einer Milchhandlung gefunden, in welcher die Milch lange Zeit fadenziehend wurde. Seither habe ich ihn in sehr vielen Proben fadenziehender Milch wieder angetroffen, so daß er in der Schweiz wenigstens wohl die Hauptursache dieses Milchfehlers ist. Er erscheint als runder, großer Kokkus von 2 μ Durchmesser und mehr, ist unbeweglich und verflüssigt die Gelatine. Seine Kolonien auf der Gelatineplatte sind glattrandig. In sterilisierter Milch gedeiht er am besten bei 20 ° C und macht sie in kurzer Zeit so stark fadenziehend, daß sie sich in dünnste Fäden von $^1/_2$—1 Meter Länge ausziehen läßt. In nicht sterilisierter Milch ist diese auffällige Veränderung bereits nach fünf Stunden deutlich bemerkbar. Dieser Kokkus bleibt lange entwicklungsfähig. So konnte er aus Milch, die im März infiziert worden war, noch im September gezüchtet werden. Diese Eigenschaften erklären es, daß er in Stallungen günstige Lebensbedingungen vorfindet und nur mit Mühe wieder vertrieben werden kann. Aus Versuchen von **Guillebeau** ergibt sich, daß derselbe in das Euter eingebracht, dortselbst nur schwer am Leben bleibt. Er gehört demnach nicht zu den pathogenen Arten und in der Praxis wird man die Ursache der fadenziehenden Milch nur selten in einer Euterkrankheit, sondern fast stets in einer Verunreinigung beim Melken oder nach demselben zu suchen haben. Der Siedehitze zwei Minuten lang ausgesetzt, stirbt dieser Mikroorganismus ab. Dagegen verträgt er das Austrocknen drei Tage lang. Fadenziehende Milch wird bei uns von der Käsefabrikation ausgeschlossen. Ich habe zwar nicht beobachten können, daß dieselbe Blähungen verursacht, was auch wenig wahrscheinlich ist, da dieser Kokkus keine merkliche Gasbildung erzeugt; jedoch ist es leicht denkbar, daß eine solche zähe gewordene Milch der richtigen Verarbeitung des Bruches hinderlich ist und zur Bildung von

*) Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz, Bd. V, 1901, S. 135.

Digitized by Google

sog. Nestern oder Flecken Anlaß geben könnte. Dafür sprechen die Erfahrungen von Burri mit dem von ihm gefundenen Schleimbildner, von welchem soeben die Rede sein wird. Tritt daher diese Milchkrankheit in einer Stallung auf, so muß man durch geeignete Desinfektionsmaßregeln sie bekämpfen. Darüber indessen später im Kapitel über Desinfektion.

l) Bacterium Hessii. Auf einer Bergweide in Emmenthal (Kanton Bern) fand der gleiche Forscher einen zweiten Mikroorganismus, der die Fähigkeit besaß, den Rahm schwach fadenziehend zu machen. Es ist dieser ein sehr bewegliches Stäbchen, 3—5 μ lang und 1,2 μ breit, welches auch Bouillon schleimig macht. Dasselbe verflüssigt die Gelatine. Sobald indessen die Milch, infolge der von diesem Bakterium eingeleiteten Säurebildung, leicht sauer wird, vergeht die fadenziehende Beschaffenheit derselben. In der Praxis wird daher diese Bakterie keine bleibend fadenziehende Milch verursachen können.

m) Karphococcus pituitoparus. Dieser, von Hohl aus Stroh isolierter Mikroorganismus*), besteht aus ca. 1 μ großen Kokken. Dieselben sind nicht beweglich, und wachsen am besten bei 20°—21° C. Auf Gelatine bilden sie stark fadenziehende Kolonien; dieses Nährsubstrat wird nie verflüssigt. Sterilisierte Milch, mit dem Karphococcus pituitoparus geimpft, wird schon nach 14 Stunden fadenziehend; eine Gerinnung tritt nicht ein. Frische, nicht sterilisierte Milch, der man diesen Kokkus zusetzt, wird nach 20 Stunden fadenziehend. Durch Einwirkung einer Temperatur von 70° C wird er nach 5 Minuten getötet. 1%ige Lysollösung tötet ihn in 30 Minuten, 4%ige in 5 Minuten. Die Kulturen bleiben monatelang lebensfähig.

n) Coccus lactis viscosi Gruber, aus fadenziehender Milch einer Gutsmeierei in Schleswig-Holstein isoliert. Hat mit M. Freudenreichii manches gemeinsam, so die Verflüssigung der Gelatine, in anderer Beziehung sind sie aber sehr verschieden. So ist der Coccus lactis viscosi in Tetraden und sarzinaähnlichen einschichtigen Tafeln gruppiert, und auch seine Kolonien haben ein anderes Aussehen; sie sehen zerrissenen Papierstückchen ähnlich, während die Kolonien des M. Freudenreichii rund und glattrandig sind. Bei 32°—34° C und auch bei Zimmertemperatur wird die mit diesem Kokkus geimpfte Milch sehr schnell schleimig. Erhitzung auf 80° C während 2 Minuten und momentane Erhitzung auf 85° töten ihn ab.

o) In neuerer Zeit hat Burri aus fehlerhaften Käsen einen zur Gruppe des Bact. lactis acidi gehörenden Mikroorganismus

*) Schweizer Landwirtschaftl. Jahrbuch 1902, S. 342.

**) Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung, Bd. IX, S. 785.

Digitized by Google

gezüchtet, welcher die aus diesen Käsen fließenden Molken stark schleimig gemacht hatte. Derselbe macht auch rohe frische Milch fadenziehend, nicht aber sterilisierte Milch. Von seinen Beziehungen zu den aufgetretenen Käsefehlern wird später die Rede sein. Derselbe ist vielleicht verwandt mit dem von Troili-Petersson beschriebenen Bacterium lactis longi.

Wenn auch, wie wir sehen, bereits viele Beobachtungen über fadenziehende Milch und die Bakterien, die sie verursachen, vorliegen, so ist der innere Vorgang bei dieser Erscheinung noch wenig bekannt. Es bleibt späteren Untersuchungen vorbehalten, genau festzustellen, wie diese Veränderungen der Milch zu erklären sind. In einigen Fällen mögen die Bakterien die Substanzen der Milch selber so verändern, daß sie schleimig werden, in anderen Fällen scheiden sie vielleicht eine schleimige Substanz aus (die Kapselbildung beim Actinobacter Duclaux z. B. spricht dafür), welche sich in der Milch verteilt und dieselbe zu einer zähen, fadenziehenden Flüssigkeit macht*).

E. Andere Mikroorganismen in der Milch.

Bisher ist hauptsächlich bloß von den in der Milch häufiger anzutreffenden Bakterien die Rede gewesen. Es gibt aber auch Hefearten und Pilze, die auf dieselbe in verschiedener Weise einwirken können.

Die meisten Hefezellen, welche in die Milch gelangen, bringen keine nennenswerten Veränderungen in derselben hervor. In letzterer Zeit jedoch sind einige Hefearten gefunden worden, welche den Milchzucker unter Bildung von Alkohol und Kohlensäure vergären können. Zunächst beschrieb Duclaux eine solche Hefe, Saccharomyces lactis. Später fand Grotenfelt eine andere Hefe, welche Milch zum Gerinnen bringt. Alkohol wird auch von ihr gebildet, aber in sehr geringer Menge. Diejenige von Duclaux dagegen bildet wenig Milchsäure, aber sehr viel Alkohol. Kayser beschrieb ebenfalls eine Hefe, welche die Milch stark vergärt. Auch Adametz, Weigmann, Mix, Jensen und v. Freudenreich haben ähnliche Hefearten beschrieben. Zu diesen Hefen gehört auch die Hefe, die im sog. Kefir sich vorfindet, von welchem später die Rede sein wird.

Auch Schimmelpilze können in der Milch sich entwickeln, und wir werden später sehen, daß einzelne derselben bei der Käsebereitung Verwendung finden.

*) Auch B. lactis aërogenes bildet nach Emmerling (Berl. Ber., 1900, Bd. XXXIII, S. 2478) in milchzuckerhaltigen Lösungen eine galaktanähnliche Substanz, welche der Kultur eine fadenziehende Beschaffenheit verleiht.

Digitized by Google

Noch ein Pilz verdient Erwähnung wegen seines häufigen Vorkommens in der Milch und in Milchpräparaten, nämlich das sog. Oïdium lactis, dessen Formen wir im ersten Teil besprochen haben. Läßt man Milch sauer werden, so bildet sich öfters nach einigen Tagen eine dicke Haut auf der Oberfläche, die fast nur aus den Hyphen und Oïdien dieser Pilzart zusammengesetzt ist. Bei Besprechung der an der Reifung des Käses und an dem Ranzigwerden der Butter teilnehmenden Bakterien werden wir ihm noch begegnen.

III. Bakterien und andere Mikroorganismen in Milchprodukten.

1. Bakterien im Käse.

Die in der Milch stets gegenwärtigen Bakterien müssen auch in die aus derselben hergestellten Käse übergehen und es fragt sich nun, welche Rolle die Bakterien bei der späteren Käsegärung oder Reifung spielen. Hier können wir zunächst zwischen normaler und anormaler Käsegärung unterscheiden.

a) Normale Käsegärung oder Reifung. Bevor wir die Rolle der Bakterien bei der Käsereifung besprechen, müssen wir noch kurz in Erinnerung bringen, was man unter Käse und Käsereifung versteht. Der Käse wird bekanntlich dadurch gewonnen, daß man den Käsestoff der Milch, das Kaseïn, in verschiedener Weise verarbeitet und einer Art Gärung, der sog. Reifung überläßt. Das Kaseïn wird entweder durch Säuerung oder durch Einwirkung des Labenzyms ausgeschieden. In letzterem Falle wird das Kaseïn in sog. Parakaseïn umgewandelt. Je nach Art der Kaseïnausscheidung unterscheidet man daher zwischen Sauermilchkäsen und Labkäsen. Erstere haben jedoch gegenüber den Labkäsen eine sehr untergeordnete Bedeutung, denn fast alle Käse sind Labkäse. Je nach der Herstellungsart werden ferner Hart- und Weichkäse unterschieden. Bei ersteren wird der sog. Käsebruch, d. h. die in kleine Stücke zerkleinerte Käsemasse, bei der Verarbeitung verschieden hoch nachgewärmt.

Während der Reifung, erleiden nun das Parakaseïn (resp. das Kaseïn bei Sauermilchkäsen), sowie die anderen Bestandteile der Milch, die mit in den Käse übergehen, nämlich das Milchfett und der Milchzucker, Veränderungen, die den Geschmack und das Aroma des fertigen Käses bedingen. Wir wollen die Veränderungen dieser drei Bestandteile kurz besprechen.

Das Parakaseïn (resp. Kaseïn). Dasselbe wird teils in eine lösliche Form übergeführt, teils erleidet es noch weitergehende Zer-

Digitized by Google

setzungen, wobei die verschiedensten Abbauprodukte bis zum Ammoniak herab gebildet werden*). Dieser Vorgang verläuft nun in verschiedener Weise bei den verschiedenen Käsesorten. Schon Bondzynski**) zeigte, daß die Bildung von wasserlöslichen, stickstoffhaltigen Substanzen das Hauptmerkmal des Reifungsprozesses bei Weichkäsen ist, während bei Hartkäsen, wie dem Emmenthaler, die Reifung hauptsächlich in der Bildung weiterer Zersetzungsprodukte besteht. Orla Jensen***) verdanken wir sehr wertvolle Untersuchungen über diesen Gegenstand, deren Ergebnisse folgende, seiner Arbeit entnommene Tabelle resumiert. Zum Verständnis derselben fügen wir bei, daß diese löslichen Substanzen und Zersetzungsprodukte mit Angabe ihres Stickstoffgehaltes (L. N. = Stickstoff der wasserlöslichen stickstoffhaltigen Substanzen, Z. N. = Stickstoff der eigentlichen Zersetzungsprodukte) figurieren, und zwar in Prozenten des Gesamtstickstoffes (G. N.) ausgerechnet. Die Tabelle giebt auch den Ammoniakstickstoff an (A. N.).

Siehe Tabelle I auf S. 62.

Aus dieser Tabelle ergibt sich auch, daß bei Hartkäsen die Reifung gleichmäßig in der ganzen Masse oder eher noch von innen nach außen schreitet (die innere, feuchte Masse reift natürlicherweise schneller als die äußeren, trockeneren Schichten) während bei Weichkäsen das Umgekehrte der Fall ist. Dieses rührt davon her, daß, wie wir gleich sehen werden, bei den Weichkäsen die Reifung hauptsächlich von den auf ihrer Oberfläche sich entwickelnden Mikroorganismen verursacht wird, während sie bei den Hartkäsen das Werk der in ihrem Innern lebenden Bakterien ist.

Das Milchfett. Früher wurde bezweifelt, daß das Fett in merkbarer Weise bei der Reifung verändert werde. Die Arbeiten von Musso, Duclaux, Weidmann, Benecke und Schulze, Weigmann und Backe, und besonders diejenigen von Windisch und Orla Jensen lassen indessen keinen Zweifel mehr darüber aufkommen, daß eine Fettspaltung stattfindet. Aus den Arbeiten von Orla Jensen ergibt sich, daß dieselbe in den äußeren Schichten des Käses stets stärker vorgeschritten ist als in der inneren Masse. Die aus dieser Fettspaltung hervorgehenden Fettsäuren spielen jedenfalls in der Geschmacks- und Aromabildung bei den verschiedenen Käsesorten eine wichtige Rolle.

*) Vergl. Orla Jensen, Studien über die flüchtigen Fettsäuren im Käse. Bern 1904, K. J. Wyß, Verleger.

**) Zur Kenntnis der chemischen Natur einiger Käse. (Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz 1894, S. 189).

***) l. c.

Digitized by Google

Tabelle I.

			In Prozenten des G. N.			In Prozenten des L. N.	
			L. N.	Z. N.	A. N.	Z. N.	A. N.
1	Emmentalerkäse, 5 Monate alt	Inneres	35,82	17,36	—	48,47	—
	Emmentalerkäse, 5 Monate alt	Äußeres	29,22	12,57	—	43,02	—
2	Emmentalerkäse, 12 Monate alt, reif	Inneres	33,15	17,35	2,37	52,34	7,15
1	Edamerkäse, 4 Monate alt, reif	Inneres	26,90	3,00	0,60	11,15	2,23
1	Schweizer. Magerkäse, 8 Monate alt, reif	Inneres	41,51	7,90	6,40	19,03	15,40
	Schweizer. Magerkäse, 8 Monate alt, reif	Äußeres	35,90	7,40	5,20	20,61	14,50
2	Schweizer. Magerkäse, 16 Monate alt, überreif	Inneres	43,54	6,66	6,85	15,29	15,73
	Schweizer. Magerkäse, 16 Monate alt, überreif	Äußeres	53,59	9,11	5,37	17,00	10,02
1	Roquefortkäse, reif	Die ganze Masse	52,50	23,64	4,99	45,03	9,51
1	Briekäse, nicht ganz ausgereift	Inneres	47,10	7,58	5,14	16,10	10,91
	Briekäse, nicht ganz ausgereift	Äußeres	53,50	21,33	12,37	39,87	23,12
1	Camembertkäse, reif	Inneres	95,52	8,71	8,71	9,12	9,12
1	Limburgerkäse, 6 Wochen alt	Inneres	24,82	5,27	4,37	21,23	17,60
	Limburgerkäse, 6 Wochen alt	Äußeres	55,10	12,58	4,51	22,83	7,85
1	Limburgerkäse, reif	Äußeres	99,82	4,33	11,97	4,52	11,99
1	Schabzieger	Die ganze Masse	37,35	16,58	5,80	44,39	15,53

Der Milchzucker. In wenigen Tagen wird der Milchzucker von den, wie wir sehen werden, massenhaft im Käse vorkommenden Milchsäurebakterien in Milchsäure umgebildet. Dieselbe geht nun mit dem Kalk und dem Parakaseïn des Käses salzartige Verbindungen ein, die dann weitere Zersetzungen erleiden. Es entstehen dabei, wie Orla Jensen in seiner bereits zitierten Arbeit zuerst gezeigt hat, verschiedene flüchtige Fettsäuren, und zwar hauptsächlich Propionsäure und Essigsäure.

Digitized by Google

Näheres findet man in folgender, der erwähnten Arbeit entnommenen Tabelle.

Tabelle II.

Käsesorte	In 1000 g Käse sind vorhanden											
	In ccm Normalsäure ausgedrückt		In Gramm ausgedrückt									
			Durch die Fettspaltung entstanden		Durch die Spaltungen des Kaseïns (bzw. d. Parakaseïns) und des Milchzuckers (bzw. der Milchsäure) entstanden							
	Totale Menge flüchtiger Säuren	Totale Ammoniakmenge	Capronsäure	Buttersäure	Valeriansäure	Buttersäure	Propionsäure	Essigsäure	Ameisensäure	Totale Menge flüchtiger Säuren	Totale Ammoniakmenge
Emmentalerkäse Inneres	88,0	75,0	0,116	0,176	—	—	4,218	1,680	—	6,190	1,275
Emmentalerkäse Aeußeres	75,0	55,0	0,928	1,232	—	—	2,812	0,900	—	5,872	0,935
Edamerkäse Inneres	15,6	15,0	—	—	—	—	0,224	0,678	0,057	0,959	0,255
Schweizerischer Magerkäse Inneres	81,6	267,5	0,986	1,496	—	—	2,405	1,200	0,138	6,225	4,548
Schweizerischer Magerkäse Aeußeres	100,0	207,5	1,682	2,552	—	—	2,775	1,080	0,046	8,135	3,528
Roquefortkäse Ganze Masse	38,0	115,0	0,928	1,672	—	—	—	0,540	0,092	3,232	1,955
Camembertkäse Inneres	6,6	175,0	0,081	0,246	—	—	—	0,069	0,082	0,478	2,975
Briekäse Inneres	11,3	95,0	0,139	0,572	—	—	—	0,204	0,008	0,923	1,615
Briekäse Aeußeres	8,7	217,5	0,128	0,466	—	—	—	0,120	0,013	0,727	3,698
Romadourkäse Inneres	111,0	200,5	0,058	0,440	1,581	—	5,180	1,140	0,046	8,445	3,409
Romadourkäse Aeußeres	104,5	220,0	0,232	1,003	1,550	—	4,529	0,822	0,046	8,182	3,740
Glarner Schabzieger Ganze Masse	258,2	215,0	1,195	1,848	—	4,452	9,102	3,198	—	19,795	3,655

Es entsteht nun die Frage, auf welche Ursache diese Vorgänge bei der Reifung zurückzuführen sind. Daß dabei Bakterien die Hauptrolle spielen, steht heutzutage außer Zweifel, wie eine Reihe von Arbeiten es beweist. So haben bereits vor mehreren Jahren Schaffer und Bondzynski*) gezeigt, daß Käse aus gekochter Milch, also von Bakterien befreite Käse, gar nicht reifen; ebenso zeigte Adametz**), daß Käse, denen man bakterientötende Substanzen wie Kreolin und Thymol zusetzte, keinen Reifungsprozeß durchmachten; in einer Reihe von Versuchen endlich habe ich nachgewiesen, daß wenn man die Milch vor dem Verkäsen pasteurisiert, was ebenfalls die

*) Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz, Bd. I, S. 47; Bd. II, 32.
**) Landwirtschaftl. Jahrbücher 1889, Bd. XVIII, S. 227.

Digitized by Google

meisten Bakterien abtötet (siehe später), die Reifung fast ganz ausbleibt. Ebenso verhält es sich mit Käsen, die man aus möglichst aseptisch gewonnener Milch herstellt, die also von Anfang an sehr wenig Bakterien enthalten*). Daraus ergibt sich wohl, daß ohne Bakterien keine Reifung eintritt. Babcock und Russell**) haben zwar die Ansicht geäußert, daß einem in der frischen Milch enthaltenen Enzym (der sog. Galaktase) sowie dem im Lab enthaltenen Pepsin der Hauptanteil an dem Reifungsprozesse zukomme. Wenn auch zuzugeben ist, daß diese Enzyme an der Lösung des Kaseïns sich beteiligen können, so ist jedoch ihre Rolle, jedenfalls was die Bildung von Zersetzungsprodukten anbelangt, nicht mit derjenigen der Bakterien zu vergleichen. Dieses zeigen besonders die Resultate der Versuche, die ich mit möglichst aseptisch gewonnener Milch anstellte, denn die aus solcher Milch hergestellten Käse reiften nicht oder nur sehr schlecht, obwohl die Galaktase in solcher Milch nicht abgetötet oder unwirksam gemacht worden war, wie dieses dagegen der Fall ist, wenn die Milch gekocht wird oder einen Zusatz antiseptischer Substanzen erhält.

Wenn nun auch fast alle Forscher darin einig sind, daß wir die Haupterreger des Reifungsprozesses unter den Bakterien zu suchen haben, so ist damit die Frage noch nicht erledigt, denn bezüglich der Bakterien, die diesen Prozeß auslösen sollen, weichen die Ansichten trotz der Arbeiten, die die letzten Jahre zutage gefördert haben, noch gewaltig von einander ab. Der Reifungsprozeß ist nämlich erstens ein sehr lang dauernder Vorgang, bei manchen Käsesorten bis zu mehreren Monaten, dann hängt zweitens sein Ausfall noch von sehr vielen Faktoren ab, wie z. B. von der Herstellungsart, von der Temperatur, von der weiteren Behandlung im Keller usw. Die Sache ist daher viel komplizierter als bei schnell verlaufenden Gärungen, wie z. B. Wein- und Biergärungen, bei welchen man schon nach wenigen Tagen das Resultat der Impfung einer bestimmten Hefeart beurteilen kann.

Der erste, der sich mit der Frage der Käsereifung vom bakteriologischen Standpunkt aus eingehend beschäftigte, ist, wie bereits erwähnt wurde,

*) v. Freudenreich, Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz 1902, Bd. XVI, S. 91.

**) Thé action of galactase and other proleolytic ferments on milk and cheese 1899. Sixteenth Annual Report of the Wisconsin Agricultural Experiment Station. — Influence of rennet on cheese ripening. Seventeenth Report of Wisconsin Agricultural Experiment Station. — Unorganized ferments of milk: a new factor in the ripening of cheese Fourteenth annual Report of the Wisconsin Agricultural Experiment Station.

Digitized by Google

Duclaux. Derselbe hatte beobachtet, daß gewisse von ihm aus Cantalkäse isolierte Bazillen, denen er den Namen „Tyrothrix“ beilegte, das Kaseïn mittels eines von ihnen ausgeschiedenen Enzyms, von ihm „Casease“ genannt, energisch angreifen. Er glaubte daher, daß es diese Bakterien seien, die den Reifungsprozeß bewerkstelligen. Jedoch machten spätere Untersucher die Wahrnehmung, daß diese Bazillen gegenüber anderen Bakterienarten, z. B. den Milchsäurebakterien, im Käse eigentlich recht spärlich vertreten sind und sich überhaupt in demselben gar nicht vermehren. Ja ich konnte zeigen, daß selbst wenn man sie in großer Menge der verkästen Milch zugesetzt hat, sie während der Reifung stets an Zahl abnehmen und gar keinen Einfluß auf den Reifungsprozeß ausüben.. In neuerer Zeit scheinen nur noch Adametz und Winkler an dieser Theorie festzuhalten. Adametz hat speziell seinen Bacillus nobilis, der auch zur Gruppe der Tyrothrix-Bazillen gehört, als Erreger der Reifung bei Emmentalerkäsen bezeichnet und glaubt auch bei seiner Verwendung in der Praxis gute Resultate erhalten zu haben. Von anderer Seite ist dieses jedoch nicht bestätigt worden und man wird wohl nicht irren, wenn man diesen Tyrothrix-Bazillen jeden Anteil am Reifungsprozesse abspricht. Was ihre Beteiligung an demselben auch unwahrscheinlich macht, ist der Umstand, daß sie meistens sehr aërob sind, und da im Käse die Bedingungen ausgesprochen anaërobe sind*), ist es begreiflich, daß sie sich schwerlich in demselben entwickeln können. Adametz hatte daher auch die Hypothese aufgestellt, daß sie sich hauptsächlich in der Rinde vermehren sollten, und daß dabei die Reifung bei Emmentalerkäsen wie bei Weichkäsen von außen nach innen fortschreite. Wie indessen Orla Jensen nachgewiesen hat, ist letzteres nicht der Fall; auch hat man Tyrothrix-Bazillen in der Rinde nie in großer Zahl nachweisen können.

Einige Forscher haben daher die Ansicht geäußert, daß man die Käsereifungsbakterien unter den obligaten Anaëroben suchen müsse. Schon früher hatte Weigmann aus Limburgerkäse einen solchen gezüchtet, das Paraplectrum foetidum**), der in Milch einen äußerst schlechten Geruch hervorbrachte, demjenigen eines überreifen Limburgers nicht unähnlich. Daher glaubte er diesem Mikroorganismus eine Rolle bei der Reifung, wenigstens für diese Käsesorte zusprechen zu sollen. In neuester

*) Boekhout u. de Vries, Untersuchungen über den Reifungsprozeß des Edamerkäses. Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung 1899, Bd. V, S. 304.

**) Über zwei an der Käsereifung beteiligte Bakterien. Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung, Bd. IV, 1898, S. 820.

Digitized by Google

Zeit hat besonders Rodella*) die Rolle der streng anaëroben Bakterien, teils der Buttersäurebazillen, teils der anaëroben Fäulnisbazillen bei der Reifung der Hartkäse befürwortet. Dieser Ansicht ist nun manches entgegenzuhalten. Was erstens die Buttersäurebazillen anlangt, so ist ihre Betätigung am Reifungsprozeß durch die Untersuchungen Orla Jensen's ganz unwahrscheinlich gemacht, indem dieser Forscher nachgewiesen hat, daß im Käse (abgesehen vom Schabzieger) keine Buttersäuregärung stattfindet. Die Buttersäure, die man im Käse findet, rührt lediglich von einer Fettspaltung her und nicht von einer durch Buttersäurebakterien hervorgerufenen Gärung. Was die anaëroben Fäulnisbakterien anlangt, so hat zwar Rodella ihre Gegenwart im Käse nachgewiesen, aber verhältnismäßig nicht in größerer Zahl als in der Milch. Von einer Vermehrung derselben im Käse, was der Fall sein müßte, wenn sie die Erreger der Reifung wären, scheint daher keine Rede zu sein, und eine Beteiligung derselben bei der Reifung ist daher höchst fraglich. Überdies ist in zahlreichen Versuchen, in welchen die Milch vor dem Verkäsen mit Paraplectrum foetidum und anderen Buttersäurebakterien reichlich geimpft wurde, absolut keine Einwirkung dieser Mikroorganismen auf die Reifung zutage getreten.

Die meisten Untersucher dagegen, die speziell mit Emmentaler- und anderen Hartkäsen sich beschäftigten, machten die Beobachtung, daß in diesen Käsen hauptsächlich Milchsäurebakterien zu finden sind, nämlich teils Bact. lactis acidi und die stäbchenförmigen Milchsäurebakterien (darunter die bereits genannten Bac. casei α, γ, δ und ε), teils Mikrokokken, letztere denjenigen ganz ähnlich, die man in frisch gemolkener Milch in so großer Zahl antrifft**) und die wir bereits unter den Milchsäurebakterien und auch unter den Kaseinbakterien erwähnt haben. Ich habe daher die Vermutung ausgesprochen, daß diesen beiden Bakteriengattungen, insbesondere den erwähnten Bazillen die Hauptrolle bei der Reifung zukomme. Eine Stütze fand auch diese Teorie in dem Umstande, daß mehrere dieser stäbchenförmigen Bakterien nicht bloß Milchsäure bilden, sondern auch befähigt

*) Über das regelmäßige Vorkommen der streng anaëroben Buttersäurebazillen und über andere Anaërobenarten in Hartkäsen. Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung, Bd. X, 1903, S. 499, 753; Bd. XI, 1904, S. 452; Bd. XII, 1904, S. 82; Bd. XIII, 1904, S. 504 und 589.

**) Vergl. Gerda Troili-Petersson, Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz 1902, S. 26 und Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung, Bd. XI, S. 120. v. Freudenreich, Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz, 1902, S. 91.

Digitized by Google

sind, das Kaseïn anzugreifen*). Um dieses in Milchkulturen konstatieren zu können, muß man freilich dafür sorgen, daß die Säure neutralisiert wird, da sonst der hohe Säuregehalt nach einiger Zeit jede Bakterientätigkeit sistiert. Wird jedoch die sich bildende Säure durch Kreidezusatz neutralisiert, so wird das Kaseïn allmählich in eine lösliche Form übergeführt und noch weiter zersetzt, in ähnlicher Weise wie dieses bei dem Reifungsprozeß des Käses geschieht.

Tafel I zeigt uns diese verschiedenen Milchsäurebakterien in tausendfacher Vergrößerung.

Bac. casei α ist ein Kurzstäbchen, welches in Milchzuckerbouillon oft ziemlich lange Ketten bildet. An den Enden sieht man manchmal glänzende Polkörner. Milch bringt er nach 2 Tagen bei 35° C zur Gerinnung.

Bac. casei ε ist ein viel längeres und dickeres Stäbchen. Bei 35° C bringt er die Milch in 3 Tagen zur Gerinnung.

Bac. casei γ besteht meistens aus kurzen Gliedern, von der gleichen Dicke wie Bac. ε. Die Milch bringt er bei 30° C in 3 Tagen zur Gerinnung, aber unter Gasbildung.

Bac. casei δ ist Bac. ε ähnlich, nur dünner. Milch bringt er nur bei 42° C zur Gerinnung, aber erst nach 19 Tagen.

Alle diese Bakterien können 30 Minuten lang einer Temperatur von 60° C widerstehen, werden also beim Nachwärmen der Hartkäse nicht abgtötet. Anaërobe Bedingungen begünstigen ihr Wachstum.

An der Lösung des Kaseïns nehmen indessen wahrscheinlich auch die Kokken teil, weil sie kräftig peptonisieren und sich in der ersten Zeit nach der Herstellung der Käse stark vermehren. Später nehmen sie jedoch an Zahl bald wieder ab und in den späteren Reifungsstadien trifft man sie nur noch vereinzelt an.

Ein weiteres Argument für die Rolle der Milchsäurebakterien bei der Käsereifung liegt noch darin, daß der Praktiker ohne es zu wissen, vielfach das tut, was gerade die Entwickelung dieser Bakterien im Käse am meisten befördern kann. So wird in vielen Ländern eine bestimmte Azidität der Kesselmilch empfohlen, in anderen Ländern werden der zu verkäsenden Milch Buttermilch (Dänemark) oder lange Wei (Holland) zugesetzt, wodurch eben massenhaft Milchsäurebakterien zugeführt werden. Das gleiche geschieht mit dem bei der Käsefabrikation gebrauchten Natur-

*) v. Freudenreich, Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz 1897, S. 85 und 1898, S. 279.

Digitized by Google

labe, denn nach Untersuchungen von Orla Jensen und mir*) findet man in demselben sowie im Sauer gerade diejenigen Milchsäurefermente, die später im reifenden Käse in größter Zahl vorkommen. Dieses erklärt vielleicht, warum der Gebrauch von künstlichem Lab in der Praxis mit Bezug auf die spätere Reifung weniger gute Resultate gibt. Wie diese Milchsäurebakterien in das Lab hinein gelangen, ergibt sich aus einer Arbeit von Thöni, der sie in den zur Labbereitung dienenden Kälbermägen gefunden hat.

Die eingehenden Untersuchungen Orla Jensen's**) über die chemischen Leistungen dieser Mikroorganismen unterstützen auch diese Theorie. Er hat bestätigen können, daß dieselben (nur Bac. γ und Bac. δ bilden eine Ausnahme und spielen daher auch keine große Rolle bei der Reifung) das Kaseïn zersetzen und in ihren Reinkulturen die gleichen flüchtigen Säuren bilden, die er im Käse gefunden hatte, nämlich Essigsäure und Propionsäure. Ein Punkt freilich blieb noch dunkel. Die Propionsäurebildung im Käse ist nämlich eine viel intensivere als in den Milchkulturen dieser Bakterien und es schien fraglich, ob die ganze Menge der im Käse gebildeten Propionsäure von ihnen herrühren konnte. Wir mußten uns daher fragen, ob nicht neben ihnen noch andere spezielle Propionsäurebildner im Käse enthalten sind, die den bisherigen Nachforschungen entgangen wären und es ist uns in der Tat vor Kurzem geglückt, solche spezifische Propionsäurebildner in jedem Emmentalerkäse zu finden. Dieselben veranlassen in Peptonbouillon mit Zusatz von milchsaurem Kalk eine ganz intensive Propionsäuregärung. Es sind dies Kurzstäbchen, die in ihren Kulturen oft ziemlich unregelmäßige Formen annehmen und die, ohne obligate Anaëroben zu sein, doch durch anaërobe Verhältnisse begünstigt werden. Sie finden also im Käse die besten Bedingungen zu ihrer Entwickelung.

Höchst wahrscheinlich nehmen diese Propionsäurebildner an der sog. Lochbildung Teil. Bekanntlich wird bei gewissen Käsesorten, wie Emmentaler, Gruyère usw., auf das Vorhandensein einer normalen Lochung großes Gewicht gelegt. Freilich gibt es sehr gut schmeckende Emmentalerkäse, welche gar keine Löcher haben, sog. blinde Käse, und es kann daher eine vollkommene Reifung derselben stattfinden, ohne daß es zur Bildung von Löchern kommt. Da jedoch bei diesen Käsesorten eine gute Lochung die Reifung begleitet, so gilt stets in der Praxis eine regelmäßige Lochbildung als ein Zeichen einer richtigen Gärung.

*) Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung, Bd. III, 1897, S. 545.

**) Studien über die flüchtigen Fettsäuren im Käse nebst Beiträgen zur Biologie der Käsefermente. Bern 1904, K. J. Wyß.

Digitized by Google

Wodurch wird nun diese normale Lochung veranlaßt? Früher hat man meist angenommen, daß die Löcher der infolge der Zersetzung des Milchzuckers stattfindenden Gasentwickelung ihre Entstehung verdanken. Dieses ist aber nur richtig, sofern es sich um die gleich näher zu besprechende sog. Blähung der Käse mit zu starker und unregelmäßiger Lochbildung handelt, die auch meist zu einer Zeit auftritt, in welcher die Käsemasse noch genügend Milchzucker enthält, nämlich kurz nach der Herstellung der Käse. Wie aber frühere Untersuchungen, Orla Jensen's*) zeigen, ist in dem Zeitpunkte, in welchem die normale Lochung beginnt, d. h. erst einige Wochen nach der Herstellung der Käse, Milchzucker in der Käsemasse gar nicht mehr nachzuweisen. Folglich kann die normale Lochbildung nicht der Vergärung des Milchzuckers zugeschrieben werden.

Nun hat Orla Jensen ferner konstatieren können, daß die Propionsäurebildung im Käse gerade zu der Zeit am intensivsten auftritt zu welcher die Lochbildung anfängt und auch hat sich gezeigt, daß diejenigen Käse am meisten Propionsäure enthalten, welche die größten Löcher haben. Daß dabei auch mechanische Ursachen eine Rolle spielen können ist freilich nicht ausgeschlossen, und so hat denn auch die von Bächler**) vertretene Theorie eine gewisse Berechtigung, nach welcher die Löcher da entstehen sollen, wo größere oder kleinere Molkentropfen in der Käsemasse eingeschlossen sind und nach welcher überhaupt vieles auf die Konsistenz der Käsemasse ankommt. Nur dadurch wird es erklärlich, daß nicht in allen Käsen und nicht überall, sondern nur an bestimmten Stellen Löcher sich bilden.

Der Verlauf der Lochbildung in einem Emmentalerkäse ist daher nach Jensen wahrscheinlich folgenderweise zu erklären:

„Die Gase, welche während des Reifungsprozesses überall im Käse gebildet werden, müssen, weil sie nicht entweichen können, einen Druck hervorbringen, welcher am Ende die Käsemasse zerreißt. Wenn eine Masse nach und nach zerrissen wird, geschieht es nicht in der ganzen Masse, sondern nur in den schwachen Punkten. Diese sind für den Emmentalerkäse die nur lose verbundenen Bruchteile, zwischen welchen ursprünglich nur Molkentropfen waren; hier gibt der Käse nach, und es entstehen unregelmäßige kleine Löcher; etwas von den Gasen, welche

*) Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung 1898, Bd. IV, S. 217.

**) Beiträge zur Erforschung des Gärungsverlaufes in der Emmentalerkäsefabrikation (Schweiz. Landwirtschaftl. Zentralblatt 1896, Heft 1—4.

Digitized by Google

zum Teil gerade wegen des Druckes, dem sie unterworfen waren, in dem Wasser des Käses absorbiert worden, wird in den Löchern frei und sammelt sich mehr und mehr in diesen an. Wenn die Käsemasse durch ihre Reifung mehr plastisch wird, runden die Löcher sich ab, und infolge der wachsenden Gasmenge werden sie immer mehr und mehr ausgedehnt, weil sie einmal die schwachen, nachgiebigen Punkte des Käses geworden sind."

Der ganze Vorgang der Reifung bei Hartkäsen ließe sich demnach nach dieser Theorie durch die vereinte Tätigkeit der peptonisierenden Kokken, der Milchsäurebakterien und der Propionsäurebildner erklären. Da die Kokken sich besonders anfänglich stark vermehren, so ist anzunehmen, daß die Lösung des Kaseïns zum Teil ihr Werk ist, wobei nicht ausgeschlossen ist, daß auch andere Faktoren, wie z. B. die Galaktase und auch das Pepsin mitwirken können. Gleichzeitig entwickeln sich die Milchsäurebakterien, die teils Milchsäure, teils weitere Zersetzungsprodukte der Eiweißstoffe bilden, und endlich kommen die Propionsäurebildner, die aus der nun vorhandenen Milchsäure die flüchtigen Säuren des Käses, insbesondere Propionsäure bilden. Möglicherweise nehmen sie auch an der Zersetzung des Kaseïns Teil.

Diese Theorie scheint mir den bekannten Tatsachen am besten zu entsprechen, indessen ist sie, wie wir gesehen haben, noch keineswegs allgemein akzeptiert. Einige Forscher, wie z. B. Weigmann bestreiten zwar nicht, daß den Milchsäurebakterien eine gewisse Rolle zukomme, nach ihrer Ansicht soll sie indessen mehr nur eine schützende sein, in dem Sinne, daß sie einer zu schnellen Vermehrung schädlicher Fäulnisbakterien Einhalt zu tun und den Boden für die eigentlichen Käsereifungspilze durch Schaffung eines sauren Nährbodens vorzubereiten hätten. Sie würden also nur den Prozeß in die richtigen Wege leiten. Als eigentliche Reifungspilze wären speziell anaërobe Arten tätig, wie das Paraplectrum foetidum. Dieser Auffassung ließen sich indessen die gleichen Gründe entgegenhalten, die wir bei Besprechung der Rodella'schen Theorie angeführt haben.

Für die Praxis hat diese Frage einen großen Wert, denn durch Zusatz der Käsereifungsbakterien zu der zu verkäsenden Milch ließe sich ohne Zweifel der Reifungsprozeß von Anfang an in richtige Bahnen leiten und wohl auch beschleunigen.

Es sind auch in der Tat eine Reihe von Versuchen gemacht worden, welche zeigen, daß mit Hülfe von Reinkulturen von Milchsäurebakterien und Kunstlab sich ganz gute Emmentalerkäse machen lassen.

Digitized by Google

In einer vor kurzem erschienenen Arbeit tritt auch Spallanzani*), was den italienischen Granakäse anlangt, entschieden für die Theorie der Milchsäurefermente ein. Auf Grund der Versuche, die er anstellte, kommt er zum Schlusse, daß dieselben sozusagen für die Reifung des Granakäses genügen, und daß sie den Hauptfaktor der vorgeschritteneren Zersetzungen seien, von denen der Geschmack des Käses abhänge.

Freilich soll man nicht glauben, daß man mit solchen Reinkulturen etwa bessere Käse machen wird als mit dem gewöhnlich gebrauchten Naturlab, denn im letzterem hat man ja die nach unserer Ansicht nötigen Bakterien in genügender Zahl und oft fast in Reinkultur. Indessen hat das Naturlab auch seine Gefahren. Die Labmägen mit denen es bereitet wird, enthalten oft sehr viele den Käsen Verderben bringende Bakterien, eine Gefahr, die durch den Gebrauch von Reinkulturen beseitigt würde. Indessen müssen, bevor dieses Verfahren in der Praxis sich einbürgert, noch weitere Versuche gemacht werden, um die beste Anwendungsart desselben festzustellen.

Auch bei den englischen und holländischen Hartkäsen (Cheddar-, Goudakäse), scheinen nach den Arbeiten englischer, amerikanischer und holländischer Forscher, Milchsäurebazillen eine Hauptrolle zu spielen.

Wie man sieht, haben die meisten Untersuchungen, von denen wir gesprochen haben, mehr die Reifung der Hartkäse zum Gegenstand gehabt. Bei den Weichkäsen verläuft die Reifung etwas anders, indem sie hier hauptsächlich von den an der Oberfläche lebenden Mikroorganismen verursacht wird. Sie schreitet daher, wie leicht zu sehen ist, von Außen nach Innen. Bei vielen derselben spielen Schimmelpilze die Hauptrolle, bei anderen sind es Bakterien. Nach dem Vorgang Orla Jensen's wollen wir die Weichkäse einteilen in solche deren Reifung unter Mitwirkung von Schimmelpilzen an der Oberfläche stattfindet und in solche deren Reifnng ohne Mitwirkung von eigentlichen Schimmelpilzen vor sich geht.

Zur ersten Kategorie gehören die Brie- und Camenbertkäse, sowie ähnliche Weichkäse. Über den Briekäse hat Roger**) eingehende Studien gemacht. Vor allem wird in diesen Käsen die Tätigkeit der Schimmelpilze vorbereitet durch die Milchsäurefermente, denen hier hauptsächlich

*) Grana Reggiano, tentativi di fabricazione razionale, Le Stazioni sperimentali agrarie italiane 1904, p. 945.

**) Fabrication des fromages de Brie par l'emploi des ferments naturels et des spores de mucédinées. Communication faite à la Société d'Agriculture de Meaux, 1898.

Digitized by Google

die Aufgabe zufällt die Käsemasse sauer zu machen, um den Schimmelpilzen einen günstigen Nährboden zu schaffen. In diesem sauren Boden muß auch das Pepsin des Labes viel stärker zur Geltung kommen als in den Hartkäsen und dieser Umstand erklärt wohl zum Teil die in den Weichkäsen so weit gehende Lösung des Kaseïns. Nach dieser ersten Periode der Reifung treten nun die Schimmelpilze auf, nämlich das Penicillium album, welche die Säure zerstören und durch ihre Enzyme weiter lösend auf das Kaseïn einwirken. Daneben soll nach Roger noch eine peptonisierende Bakterie, Bacillus firmitatis, sich auf der Oberfläche entwickeln, die an der Zersetzung des Kaseïns mitwirkt und den rötlichen Überzug der Käse bildet.

Beim Camenbertkäse und anderen noch nicht näher studierten Weichkäsen der gleichen Art ist der Reifungsvorgang jedenfalls ein ähnlicher. Auch das Oïdium lactis und Hefen sind besonders im Anfangsstadium der Reifung auf der Oberfläche dieser Käse sehr zahlreich vertreten. Weitere Untersuchungen werden festzustellen haben, ob und welche Rolle sie dabei spielen.

Bei den Weichkäsen der zweiten Kategorie, Backsteinkäsen nach Limburgerart bereitet, werden die Schimmelpilze im Gegenteil entfernt (durch sog. „Schmieren" der Oberfläche). Nach den Untersuchungen, die ich über diese Käseart gemacht habe, besteht diese „Schmiere" wesentlich aus Bakterien und zwar hauptsächlich aus dem von Orla Jensen später näher studierten Bacillus casei limburgensis. Die Umbildungen, welche er im Kaseïn und im Parakaseïn hervorruft stimmen auch mit dem Reifungsvorgang des Limburgerkäses überein. Er spielt daher wohl eine wichtige Rolle bei der Reifung dieser Käseart. Indessen sind weitere Untersuchungen notwendig, um speziell noch die Ursachen des eigenartigen Geruches dieser Käse festzustellen. Nach Weigmann soll, wie bereits erwähnt worden, das Paraplectrum foetidum hier eine Rolle spielen.

Eine Mittelstellung zwischen Hart- und Weichkäsen nehmen die Käse ein, bei denen wie bei Roquefort-, Gorgonzola- und Stiltonkäsen die Reifung zum Teil den im Innern sich entwickelnden Schimmelpilzen zu verdanken ist. Bei dem Roquefortkäse wird beim Einfüllen in die Formen zwischen den einzelnen Schichten der Käsemasse Sporen des Penicillium glaucum in Form von verschimmeltem, fein gemahlenem Brote, dessen Bereitung bei diesen Käsen eine wichtige Rolle spielt, gestreut, und da diese Mikroorganismen luftbedürftig sind, wird ihre Entwickelung dadurch begünstigt, daß man mittels feiner Nadeln

Digitized by Google

Löcher in die Käsemasse bohrt, um einen Luftzuzug zu erleichtern. Über die Rolle anderer Mikroorganismen bei dieser Käseart sind noch keine eingehenden Untersuchungen veröffentlicht worden.

Über die Reifung der Sauermilchkäse hat Eckles Untersuchungen angestellt, aus denen hervorgeht, daß sie derjenigen der Weichkäse nahe verwandt ist. Sie geht auch von der Oberfläche aus, auf welcher besonders Oïdium lactis und verschiedene Hefearten, sowie ein gelber verflüssigender Mikrokokkus zu finden sind. Im Innern entwickeln sich sozusagen nur Milchsäurebakterien, anfänglich Bacterium lactis acidi, später mehr die stäbchenförmigen Arten. Durch das Oïdium lactis wird zunächst die gebildete Säure verzehrt, das Kaseïn scheint dann zum Teil vom gleichen Oïdium lactis und von den Hefen löslich gemacht zu werden. An der Bildung der Zersetzungsprodukte dürften auch hier die stäbchenförmigen Milchsäurebakterien Teil nehmen.

Eine ganz besondere Stellung unter den Sauermilchkäsen nimmt der Glarner Schabzieger ein. In demselben wird wie wir aus der Tabelle II sehen, außerordentlich viel Buttersäure gebildet. Es ist daher wahrscheinlich, daß in demselben eine wahre Buttersäuregärung stattfindet. Die Verhältnisse sind aber auch hier ganz andere als bei anderen Käsearten. Da die für dessen Herstellung verwendete Magermilch zum Sieden erhitzt wird, so werden die Milchsäurebakterien abgetötet, während die Sporen der Buttersäurebildner am Leben bleiben, so daß eine Buttersäuregärung begünstigt wird. Bakteriologische Untersuchungen des Schabziegers fehlen indessen noch.

b) Anormale Käsegärung und Käsefehler. Wie die normale Käsegärung oder Reifung ganz oder zum größten Teil das Werk der Bakterien ist, so sind es auch in den meisten Fällen solche, welche die Gärung anormal gestalten. Es gibt freilich Fälle, in welchen das Mißlingen der Reifung von anderen Ursachen (physikalischen Einflüssen, Ungeschicklichkeit des Käsers usw.) abhängt, diese haben wir indessen hier nicht zu besprechen und wir beschränken uns daher auf die erwiesenermaßen mit der Gegenwart von bestimmten Bakterienarten zusammenhängenden Fällen anormaler Gärung.

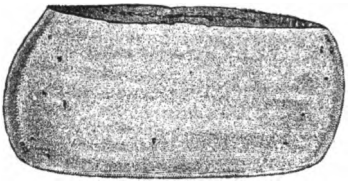
Einer der häufigsten Käsefehler ist nun, wie wir bereits bei Besprechung der Milchsäurebakterien angedeutet haben, die sog. Blähung der Käse. Enthält nämlich die Milch solche Bakterien, die den Milchzucker energisch unter Bildung großer Gasmengen vergären, so muß dieses Auftreibung des Käselaibes und eine schlechte und unregelmäßige Lochung bewirken. Die Gasbildung ist oft eine so intensive, daß die Käse schon

Digitized by Google

unter der Presse schwammartig aufblähen. Man spricht dann von „Preßlerkäsen". In der Tat lassen sich aus den geblähten Käsen solche gasbildende Bakterien in großer Menge isolieren und wenn man aus Milch, der man in genügender Menge solche Bakterien zugesetzt hat, einen Versuchskäse macht, so sieht man Blähung eintreten.

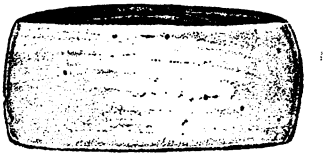
Figur 2 macht dieses anschaulich. Der eine Versuchskäse (b), aus 10 Litern Milch hergestellt, ist noch normal; der zweite (a), der beim Laben eine Kultur einer solchen Bakterienart zugesetzt erhalten hatte, war nach

Fig. 2.



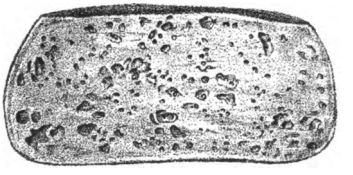
a.

a. Käse, aus Milch hergestellt, die mit einem Blähungserreger infiziert worden war. 3 Tage alt. Äußere Ansicht.

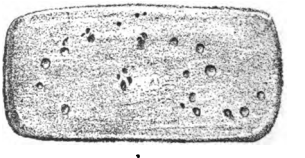


b.

b. Kontrollkäse.



a.



b.

a. Schnitt durch den gleichen Käse wie oben. b. Schnitt durch den Kontrollkäse.

3 Tagen bereits stark geblät. Diese Bakteriengruppe zählt jedenfalls viele Repräsentanten, die noch lange nicht alle näher studiert worden sind. Häufig habe ich in geblähten Käsen den von mir Bacillus Schafferi benannten Mikroorganismus*) gefunden. Auch in sog. nisserigen Käsen, d. h. Käsen mit unzähligen kleinen Löchern fand ich ihn, und konnte ich mit demselben sowohl geblähte als nisserige Käse herstellen. Sind nämlich die Bakterien mehr haufenweise und an verschiedenen Stellen gelagert, so werden sie größere Löcher bilden, sind sie sehr gleichmäßig und zahlreich in der Milch verteilt, so befindet sich sozusagen in jedem Punkte des Käses ein Keim, der Blähung verursacht,

*) Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz 1890, Bd. IV, S. 17.

Digitized by Google

daher die unzähligen kleinen Löcher. Sie liegen aber so nahe bei einander, daß sie nicht größere Dimensionen annehmen können. Es ist dieses ein ähnliches Vorkommnis, wie bei zu dicht besäeten Gelatineplatten, auf welchen die Bakterienkolonien geringe Dimensionen zeigen, während sie auf weniger dicht besäeten sich weiter ausbreiten. Dieser Bazillus scheint weit verbreitet zu sein und ich habe ihn z. B. auch auf Kartoffeln gefunden. Daher wird man gut tun, das hie und da geübte Verfahren, die Hände vor dem Melken mit Kartoffelbrei einzuschmieren, zu verlassen, da sonst auf diese Weise der ungebetene Gast in die Milch hineingebracht werden könnte. Schon früher hatte übrigens Prof. Schaffer, Kantonschemiker in Bern, in mündlichen Vorträgen gegen diese unreinliche Gewohnheit gewarnt und ich habe daher diesen Bazillus nach ihm benannt.

Der Bacillus Schafferi gehört jedenfalls zur Gruppe des Bacterium coli commune, einer Bakterienart, die stets im Darm des Menschen und der Tiere gefunden wird; die Beobachtung strengster Reinlichkeit beim Melken ist daher gerechtfertigt, damit nicht die Milch mit Kuhmist verunreinigt werde. Ein anderer Blähungserreger, vielleicht der gefährlichste, ist das Bact. aërogenes, auch ein Darmbewohner, welcher sich durch seine Gärfähigkeit besonders auszeichnet.

Die meisten gasbildenden Bakterien sind gleichzeitig Erreger von Euterentzündungen beim Rindvieh, was für uns insofern von großem Interesse ist, weil sich aus dieser Tatsache ergibt, daß euterkranke Kühe eine Milch liefern können, welche wegen der Gegenwart dieser Bakterien für die Käsefabrikation untauglich ist. Daher die Notwendigkeit sorgfältiger Untersuchung der die Milch liefernden Tiere, sobald Blähungen im Käse sich zeigen. Zu solchen Bakterien rechnen wir drei von Guillebeau bei Euterentzündungen gefundene Bazillen (Bacillus Guillebeau a, b und c.), von denen ich feststellte, daß sie starke Blähungen der damit geimpften Käse verursachen. Ferner zwei Mikrokokkenarten, welche Adametz in Sorntal fand, wo sie auch Blähungen der Käse verursacht hatten und welche von ihm auch zu den Erregern der Euterentzündungen gerechnet werden, sowie noch eine Reihe anderer Kokken und Streptokokken (Adametz, Macé, Hueppe), die bei Euterentzündungen angetroffen wurden. Zwar fehlt bei einem Teile dieser letzteren noch der experimentelle Nachweis, daß sie, in der Käsemasse eingeschlossen, dieselbe auch wirklich zum Blähen bringen können, sehr wahrscheinlich ist es jedoch, da sie in der Milch meist lebhafte Gärungserscheinungen hervorbringen.

Digitized by Google

Damit wäre jedoch die Reihe derjenigen Bakterien, die Blähungen der Käse hervorbringen, noch nicht geschlossen. Außer den genannten, die hauptsächlich den Milchzucker in Milchsäure und Kohlensäure spalten, gibt es noch eine Reihe von Bakterien, welche bei ihren Zersetzungen große Mengen anderer Gase bilden z. B. Wasserstoff, und daher auch, wenn dieses zu energisch vor sich geht, Blähungen verursachen können. Sie gehören eigentlich zu anderen Bakteriengruppen, wir können sie indessen hier im Zusammenhange mit der Frage der Käseblähung wenigstens erwähnen. So z. B. zwei von Weigmann in Milch gefundene und näher untersuchte Bazillen, welche bei seinen Versuchen taubeneigroße Löcher in kleinen Käsen verursachten, ferner der Bacillus actinobacter polymorphus von Duclaux und verschiedene Bazillenarten, die der gleiche Forscher in Weichkäsen gefunden hat. Ebenfalls sind von Thöni im Labmagen anaërobe Bakterien, zur Klasse der Buttersäurebazillen gehörend, gefunden worden, die anscheinend auch befähigt sind, Blähungen zu verursachen. Sie kommen mit dem Naturlab, das sie oft in großen Mengen enthalten kann, wenn die Labmägen, die zu seiner Bereitung dienen, stark infiziert waren, in die Milch. Während diese Blähungen in den ersten Tagen nach der Herstellung der Käse auftreten, gibt es noch eine andere Art Blähungen, die erst später einsetzen, sog. Nachgärungen, nachdem nämlich die normale Gärung bereits vollendet ist. Die Ursachen derselben sind wenig bekannt.

Endlich können auch Hefearten in der Käsemasse Gärungserscheinungen hervorbringen. So hat Bochicchio im lombardischen Granakäse eine besondere Hefeart gefunden, welche, wie sich aus seinen Versuchen ergibt, imstande ist, sowohl eine intensive Vergärung des Milchzuckers wie auch die Blähung der Hartkäse selbst zu verursachen. Ein gut ausgeführtes Nachwärmen läßt jedoch die Hefepilze kaum aufkommen, da sie meist bei Erwärmung auf 55° abgetötet werden*).

Einen anderen bakteriellen Erreger von Käsekrankheiten haben wir bereits bei Besprechung der Milchbakterien im Micrococcus casei amari kennen gelernt. Wir verweisen in dieser Beziehung auf das bereits Gesagte.

Auch Verfärbung des Käses kann durch Mikroorganismen verursacht werden.

*) v. Freudenreich, Über den Einfluß der bei dem Nachwärmen des Käses angewandten Temperatur auf die Bakterienzahl in der Milch und im Käse. Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz, Bd. IX, S. 100.

Digitized by Google

So beschreibt Adametz zwei Mikrokokkenarten, welche rote Flecken auf der Rinde des Weichkäse hervorbringen.

Von Schaffer ferner ist auf Käsen einer Käsereigenossenschaft, die von roten Flecken befallen worden waren, eine Hefeart entdeckt worden. Dieselbe wurde von Demme genauer studiert und Saccharomyces ruber benannt (rote Hefe). Nach gründlicher Desinfektion der fünf Stallungen, welche als Ursache des Auftretens der Krankheit erkannt worden waren, mittelst Schwefels, hörte die Krankheit auf.

Bei schwarzen Käsen sind verschiedene Varietäten von Schimmeln und Hefen gefunden worden, die man als Ursache der auftretenden Färbung angesehen hat. Die schwarze Verfärbung der Käse kann übrigens auch eine Folge der Gegenwart von Eisen in der Milch sein. Werden nämlich rostige Eimer usw. gebraucht und ist die Milch leicht sauer, so geht Eisen in Lösung über. Werden nun von den im Käse befindlichen Bakterien Spuren von Schwefelwasserstoff gebildet, was häufig der Fall ist, so entsteht schwarzes Schwefeleisen, was der Käsemasse eine graue Farbe verleiht.

In neuerer Zeit endlich hat Burri*) aus fehlerhaften Käsen einen Mikroorganismus gezüchtet, der zur Gruppe des Bact. lactis acidi gehört, aber die Eigenschaft hat, rohe Milch fadenziehend zu machen. Wir haben denselben früher schon erwähnt. Die aus den betr. Käsen fließenden Molken waren stark schleimig und es bildeten sich an der Oberfläche weißliche, nicht trocknende Stellen, die später zu Rissen und Sprüngen Anlaß gaben, infolgedessen das bloßgelegte Innere abnormalen, zum Teil fäulnisartigen Zersetzungsprozessen anheimfiel.

Es bleibt überhaupt in dieser Beziehung noch ein weites Feld den zukünftigen Forschungen offen und mit der Zeit wird sich die Zahl der Erreger bakterieller Käsefehler wohl noch bedeutend vermehren.

2. Bakterien im Lab und Käsereisauer.

Lab und Sauer sind beide sehr bakterienreich. Schon Herz**) fand im frischen Labmagenauszug 11 000 Bakterien im Kubikzentimeter, im eintägigen dagegen 3 306 000 und im zweitägigen 101 000 000 im Kubikzentimeter. Wie Orla Jensen und ich gezeigt haben***), gehören

*) Zentralblatt f. Bakteriologie, II. Abteilung 1904, Bd. XII, S. 192.
**) Mitteil. des milchwirtschaftl. Vereins im Allgäu 1894, Heft 5.
***) Zentralblatt f. Bakteriologie, II. Abteilung, 1897, Bd. III, S. 545.

Digitized by Google

die meisten dieser Bakterien zu den Milchsäurebakterien*). Nach neueren Untersuchungen von Thöni finden sich diese Milchsäurebakterien bereits im Labmagen, und es ist daher leicht begreiflich, daß sie im Naturlab sich reichlich entwickeln, da dasselbe ein Labmagenauszug in Schotten ist, der ungefähr 48 Stunden lang bei ca. 30° C gehalten wird. Wie Thöni aber zeigte, und wie schon erwähnt wurde, enthalten die Labmägen noch viele andere Bakterien, darunter solche, die für die Käserei sehr gefährlich sein können, so Coli- und Aërogenes-Bakterien und anaërobe Gasbildner. Auch fand er, daß besonders der Hals und die fettigen Teile der getrockneten Labmägen diese gefährlichen Bakterien enthalten; es rechtfertigt dieses die Gewohnheit der Käser, diese Partieen der Labmägen zu entfernen.

Zuweilen wird das Lab fadenziehend, was jedenfalls auch durch Bakterien verursacht wird; letztere sind indessen noch nicht näher untersucht worden.

Im sog. Sauer hat man eine intensive Milchsäuregärung, es ist daher erklärlich, daß wir in demselben fast nur Milchsäurebakterien finden. Doch habe ich sowohl im Lab als im Sauer auch den früher erwähnten Propionsäurebildner gefunden. Das Naturlab scheint daher fast alle nach unserer Ansicht an der Reifung teilnehmenden Bakterienarten zu enthalten.

Im Sauer und Labe finden sich ferner verschiedene Hefearten vor. Sind solche vorhanden, die den Milchzucker vergären, so kann die Erscheinung des sog. brausenden Sauers auftreten.

3. Bakterien in der Butter.

Da die Butter meistens frisch genossen wird, so kommen hier die Bakterien, abgesehen von der Benutzung von Milchsäurebakterienkulturen als Säurewecker bei der in vielen Ländern der Butterbereitung vorausgehenden Rahmsäuerung, die wir bereits an anderer Stelle besprochen haben, nur insofern in Betracht, als sie den Geschmack oder die Haltbarkeit der Butter beeinflussen können. Eine Beeinflussung des Geschmackes wird besonders dann eintreten, wenn sich die Bakterien vorher in dem Rahm entwickeln konnten. Die Frage des Aromas der Butter steht damit in engem Zusammenhange. Ob auch das Aroma von den im Handel erhältlichen Rahmsäuerungsbakterien bedingt wird, scheint noch nicht vollständig abgeklärt zu sein. In vielen Fällen hat

*) Fig. 6 auf Tafel I zeigt uns ein Labpräparat in welchem Bact. lactis acidi, Bac. casei ε und Bac. casei δ zu sehen sind.

Digitized by Google

man auch schlechten Geschmack oder schlechte Gerüche mit dem Vorhandensein gewisser Bakterienarten in Zusammenhang gebracht. Hier hat die wissenschaftliche Forschung jedenfalls noch ein weites Feld vor sich.

Besonders auf die Haltbarkeit der Butter haben die darin eingeschlossenen Bakterien einen großen Einfluß und im Zusammenhange damit steht die Erscheinung des Ranzigwerdens. Letztere kann freilich auch eine Folge der Einwirkung von Licht und Luft sein, es ist dieses dann ein rein chemischer Oxydationsprozeß. Die Butter nimmt in diesem Falle einen mehr talgigen Geschmack an. Aber auch die der Einwirkung des Lichtes und der Luft entzogene Butter wird mit der Zeit ranzig und nach den Untersuchungen von Orla Jensen*), der diese Vorgänge eingehend studiert hat, sind es besonders Oïdium lactis, Bacillus prodigiosus, Bacillus fluorescens liquefaciens, Penicillium glaucum und Cladosporium butyri, auch eine Schimmelart, die das Fett angreifen. Da Bac. fluorescens in vielen Trinkwässern vorkommt, so muß man die Butter so wenig wie möglich mit Wasser in Berührung bringen; wo es nicht zu vermeiden ist, wäre Verwendung von ausgekochtem Wasser am Platze. Auch die Benutzung von Milchsäurebakterien bei der Rahmsäuerung schützt die Butter gegen die genannten schädlichen Bakterien, und durch Pasteurisierung des Rahmes bei 85° C kann man sie alle abtöten.

Nach Rogers**) soll auch eine Hefe, die ein fettspaltendes Enzym ausscheidet, Zersetzungen der in Büchsen verpackten Butter hervorrufen können. Diese Hefe wäre also fähig auch unter anaëroben Bedingungen zu wachsen, während die gewöhnlichen Erreger des Ranzigwerdens einen ausgesprochen aëroben Charakter haben.

4. Kefir.

Es ist dieses ein aus dem Kaukasus herstammendes, mit dem Kumyß verwandtes, aus Milch bereitetes Getränk, welches eine Alkoholgärung durchgemacht hat. Der Kefir wird aus Kuhmilch, der Kumyß aus Stutenmilch hergestellt. Als Gärungserreger dient der Kefirpilz, sog. Kefirkörner, die man in Milch aufquellen läßt, worauf die Milch, in verschlossene Flaschen gebracht, diese eigentümliche Gärung durchmacht. Diese letztere ist der Tätigkeit der in diesen Kefirkörnern enthaltenen Mikroorganismen zu verdanken, unter welchen sich auch eine

*) Studien über das Ranzigwerden der Butter, Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz 1901, S. 329.

**) Zentralblatt f. Bakteriologie, II. Abteilung 1904, Bd. XII, S. 388.

Digitized by Google

Hefe, die Kefirhefe findet, welcher die Rolle zufällt, aus dem Milchzucker Alkohol zu bilden. Eigentümlich ist indessen, daß die Hefe allein nicht imstande ist, den Milchzucker zu zersetzen. Sie bedarf dazu der Hilfe anderer Bakterien, welche den Milchzucker in einen für die Hefe angreifbaren Zustand versetzen und gleichzeitig eine Milchsäuregärung bewirken. Der Kefir ist also wieder ein Beispiel einer Symbiose von Bakterien, deren Endprodukt in der Hauptsache Alkohol, Milchsäure und Kohlensäure ist.

In dem von mir untersuchten Kefir*) befanden sich außer der Kefirhefe noch ein Bazillus und zwei Kokkenarten, deren eine den nötigen Säuregrad hervorbringt, während die zweite, ein Streptokokkus, den Milchzucker so verändert, daß die Hefe daraus nun Alkohol bilden kann. Der Kefir ist ein erfrischendes und für Kranke geschätztes Getränk.

5. Joghourt.

Joghourt oder bulgarische Milch ist eine Art dicke Milch, die recht angenehm schmeckt und angeblich auf die Verdauung sehr günstig wirken soll. In dieser geronnenen Milch habe ich zwei Arten Bakterien, nämlich einen ganz eigentümlichen Milchsäurebazillus und einen Streptokokkus gefunden. Um den Joghourt herzustellen, bedient man sich eines im Handel unter dem Namen „Maja" erhältlichen Pulvers, welches also eine ähnliche Rolle spielt wie die Kefirkörner. Die Milch wird auf ungefähr die Hälfte eingeengt, mit diesem Pulver geimpft und bei ziemlich hoher Temperatur gehalten (ca. 35° C). Aus der Maja habe ich die gleichen Mikroorganismen isoliert wie aus dem Joghourt.

Futtermittel und Milchfehler.

Wenn wir auch im Vorhergehenden noch lange nicht alle Bakterien kennen gelernt haben, welche auf die eine oder andere Weise auf die Milch einwirken können, so genügen diese Beispiele, um uns zu zeigen, was für Schaden in vielen Fällen diese kleinen Lebewesen in der Milchwirtschaft anrichten können und wir werden daher im Folgenden die Mittel und Wege untersuchen müssen, durch welche wir uns gegen sie wehren können. Vorher aber wollen wir an der Hand der angeführten Tatsachen noch untersuchen, inwiefern Futtermittel mit Käse- und Milchfehlern in Zusammenhang gebracht werden können. Es ist in der Tat eine hier zu Lande verbreitete Meinung, daß Käsefehler und Milchkrankheiten vom Futter abhängen, und letzterem wird auch gleich die Schuld zugeschoben, sobald Blähungen, Fadenziehen

*) Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz, Bd. X, S. 1.

Digitized by Google

der Milch usw. sich zeigen. Sofern es sich nun um solche Fehler handelt, die gleich beim Melken auffällig sind, wie z. B. Bitterkeit der Milch, ist freilich, wie wir ja schon früher erwähnt haben, zuzugeben, daß die Fütterung die direkte Ursache des Milchfehlers sein kann. Insofern es sich aber um erst später auftretende Fehler handelt, wie Blähungen der Käse usw., haben uns wohl die angeführten Resultate bakteriologischer Forschungen mit Sicherheit gezeigt, das hier nur die Bakterien die direkte Ursache sein können, und daß es eine irrige Meinung ist, in dem Futter an sich den Grund der Blähungen usw. erblicken zu wollen. Jedoch läßt sich eine indirekte Beeinflussung dieser Vorgänge durch Futtermittel wohl denken, wenn nämlich in Erwägung gezogen wird, das letztere die schuldigen Bakterien mit sich führen können. So z. B. gelangen, wenn Schlempe, die überaus reich an Gärungsorganismen ist, verfüttert wird, letztere in die Stallluft. Auch können sie den Magen und den Darm der Kühe passieren und von da in den Kot gelangen, mit welchem sie dann nur zu leicht in die Milch geraten. Auf solche Weise läßt sich vielleicht das Auftreten eines Milchfehlers bei Nahrungsveränderungen erklären, aber die direkte Ursache bleiben immer die Bakterien.

Haltbarmachung und Sterilisierung der Milch.

So hätten wir denn gesehen, daß die Milch stets mit solchen Keimen verunreinigt ist, welche je nach ihrer Zahl und den Temperaturverhältnissen ein Verderben derselben binnen kürzerer oder längerer Frist herbeiführen müssen, sowie daß sie auch häufig Krankheitskeime enthalten kann, mögen diese von Hause aus in der Milch sich befunden haben, wie die Tuberkelbazillen, oder erst nachträglich in dieselbe gelangt sein, wie Typhus-, Cholerabazillen u. a. m. Diese letzteren wird man zwar fast stets durch Beobachtung größter Reinlichkeit und geeigneter Maßregeln bei der Anlage der Stallungen (Vermeidung von Infiltrationen von Jauche in Brunnenwasser usw.) fernhalten können; ebenso wird man durch Reinlichkeit beim Melken und im Stalle die Zahl der gewöhnlichen Milchbakterien so vermindern können, daß die Milch sich weniger rasch zersetzt und auch weniger oft von Milchfehlern befallen wird; indessen wird sich doch, besonders wenn die Milch in den Handel kommt und oft weit transportiert werden muß, das Bedürfnis fühlbar machen, derselben eine größere Haltbarkeit und, wie besonders in der Neuzeit von ärztlicher Seite mit Recht verlangt wird,

Digitized by Google

eine absolute Unschädlichkeit mit Bezug auf die etwa in derselben vorhandenen pathogenen Keime zu verleihen. Diese beiden Erfordernisse decken sich nicht; es kann z. B. eine Milch für die Gesundheit unschädlich gemacht werden, ohne daß sie dadurch für unbegrenzte Zeit haltbar würde, anderseits kann eine Milch für genügend lange Zeit haltbar gemacht sein, z. B. durch Kältewirkung, ohne daß die pathogenen Keime, die sie enthält, abgetötet worden wären. Wir werden daher in jedem Fall untersuchen müssen, inwieweit eine bestimmte Methode diesen beiden Bedingungen Rechnung trägt. Was ferner die Haltbarmachung der Milch anlangt, so werden wir zu wählen haben zwischen einer Haltbarmachung auf unbegrenzte Zeit, sog. Sterilisierung, und einer Haltbarmachung, welche bloß den Zweck zu erfüllen hat, die Milch solange in gutem Zustande zu konservieren, bis sie in die Hände der Konsumenten gelangt, so z. B. der sog. Pasteurisierung.

Um diese Zwecke zu erreichen, gibt es nun nur ein Mittel, nämlich Beseitigung der Bakterien oder wenigstens Hemmung ihrer Tätigkeit, da diese ja die Ursache der Zersetzungen der Milch und der Krankheiten, welche dieselbe übertragen kann, sind. Auf welche Weise läßt sich nun diese bewerkstelligen?

In Betracht kommen entweder physikalische oder chemische Agentien.

Wir fangen mit den letzteren an:

I. Chemische Konservierungs- und Sterilisierungsmittel.

Wir haben früher gesehen, daß alle Substanzen, die für das lebende Protoplasma ein Gift sind, es auch für die Bakterien sind. Solche Substanzen, der Milch zugesetzt, würden daher auch die Bakterien töten, es ist aber klar, daß wir von vornherein alle Stoffe ausschließen müssen, welche gesundheitsschädlich sind, da ja dadurch die Milch ganz ungenießbar würde. Gifte wie Sublimat, Karbolsäure usw. sind daher für unsere Zwecke ganz unbrauchbar. Die Substanzen, deren Anwendung als überhaupt denkbar erscheint, können wir in drei Gruppen einteilen:

a) Stoffe, von denen man erwartet, daß sie als Alkalien die sich bildende Säure binden, neutralisieren und daher die Gerinnung verzögern (kohlensaure Alkalien wie einfach- und doppeltkohlensaures Natrium).

Digitized by Google

b) Mittel, die den Gärungserregern gegenüber hemmend oder abtötend wirken sollen (z. B. Salizylsäure, Borsäure, Formaldehyd).

c) Mittel, welche beide unter a und b erwähnten Bedingungen erfüllen sollen (z. B. Borax und Ätzkalk).

Über Soda, Natriumbikarbonat, Borsäure, Salizylsäure, Borax und Ätzkalk hat Lazarus*) sehr sorgfältige Versuche veröffentlicht, denen wir das Folgende entnehmen.

Diese Mittel können natürlich nur in gewisser Quantität der Milch zugesetzt werden, über die nicht hinaus gegangen werden darf, da sie sonst den Geschmack derselben unangenehm beeinflussen oder sie selbst schädlich machen würden, insbesondere für Kinder und Kranke. Als höchste zulässige Dosen bezeichnet Lazarus per Liter:

Soda	3 g
Natriumbikarbonat . .	3 g
Borsäure	1—2 g
Salizylsäure	0,75 g
Borax	4 g
Ätzkalk	1,5 g

Wir wollen jedoch gleich bemerken, daß auch solche Dosen mit den meisten Polizeigesetzen in Konflikt geraten würden, und wenn wir dieser hie und da vorgeschlagenen Konservierungsmittel Erwähnung tun, so geschieht es mehr wegen des theoretischen Interesses, welches diese Versuche bieten, als wegen des praktischen Nutzens, der sich daraus ergeben könnte. Wir werden ja im Gegenteil sehen, daß gerade die Resultate, die Lazarus erzielte, gegen die Anwendung chemischer Konservierungsmittel überhaupt sprechen.

Bei seinen Versuchen verfuhr nun Lazarus auf folgende Weise. Die vor seinen Augen gemolkene Milch versetzte er mit in den chemischen Zusätzen, deren Wirkung in den angegebenen Dosen er studieren wollte und verteilte sie in Reagensgläser in Portionen von je 10 ccm. Diese letzteren wurden dann sterilisiert und mit Reinkulturen verschiedener Bakterien (0,1 ccm Kultur in Bouillon) infiziert. Das gleiche geschah mit sterilisierter Milch ohne Zusatz der betr. chemischen Substanzen und mit nicht sterilisierter, roher Milch, die so reinlich als möglich in sterile Gefäße gemolken worden war. Unmittelbar nach der Einsaat dieser Bakterien wurde eine Zählung der letzteren vorgenommen und die

*) Zeitschrift für Hygiene, Bd. VIII, S. 207.

Digitized by Google

Reagensgläser dann bei verschiedenen Temperaturen (22° und 35° C) aufbewahrt und nach 3, 6, 9, 12 und 24 Stunden wiederum untersucht und ihr Bakterienreichtum festgestellt. Auf diese Weise konnte er erfahren, ob der Zusatz der einen oder anderen chemischen Substanz die Vermehrung der Bakterien hemmte oder nicht.

1. Versuche mit Soda und Natriumbikarbonat. Zunächst fand Lazarus, daß von 64 Milchproben, die auf dem Markte gekauft wurden, 40 mit diesen Substanzen gemengt waren, ein Beweis, daß dieses Verfahren besonders in großen Städten von Milchhändlern häufig angewandt wird, in der Meinung die Milch dadurch besser zu konservieren. Sehen wir uns nun die Resultate der Versuche an: In steriler Milch wurde das Eintreten einer sauren Reaktion bei 35° C um 6—12 Stunden, bei 22° C um 12—20 Stunden hinausgeschoben. Bei Anwendung nicht sterilisierter Milch dagegen trat Gerinnung meist gleichzeitig in der chemisch behandelten und in der nicht behandelten ein, was mit der Gegenwart von labproduzierenden Bakterien, welche nämlich durch Alkalien in ihrem Wachstum begünstigt werden, zusammenhängt. Was man also auf der einen Seite durch Hemmung der Milchsäurebakterien gewinnt, geht auf der anderen wieder verloren infolge der Begünstigung der Labbakterien, so daß die Milch sich nicht haltbarer zeigt. Was dagegen die Wirkung der Zusätze auf pathogene Bakterien anlangt, so übten diese zwei Mittel keine schädigende Wirkung aus; im Gegenteil wurde das Wachstum z. B. der Cholerabakterien, denen alkalische Reaktion des Nährbodens sehr zusagt, sogar befördert. In den zulässigen Dosen gebraucht, sind also Alkalien gegenüber pathogenen Keimen machtlos und mit Bezug auf Haltbarmachung der Milch von sehr problematischem Nutzen.

2. Salizylsäure. Bei Zusatz von 0,75 g per Liter macht sich schon ein Beigeschmack bemerkbar. Dieses Mittel verzögert am meisten die Gerinnung der Milch. In sterilisierter Milch, in die der Milchsäurebazillus von Hueppe eingesäet worden war, wurde die Gerinnung um 2—3 Tage aufgeschoben. Die Cholerabazillen wurden dadurch nach 6—24 Stunden abgetötet, je nach der Temperatur, nicht aber die Typhusbazillen, die kaum in ihrem Wachstum beeinträchtigt wurden. Die Salizylsäure gibt also gegenüber pathogenen Pilzen nicht volle Sicherheit und überdies sind die Ansichten der Gelehrten über deren Unschädlichkeit gar nicht übereinstimmend. Namentlich in Frankreich wird von ärztlicher Seite der Gebrauch der Salizylsäure zur Konser-

Digitized by Google

vierung von Nahrungsmitteln beanstandet, weil ihr fortgesetzter Gebrauch auf den Organismus schädlich einwirken könne.

3. Borsäure. Nach A. Mayer soll die Borsäure die Milch ziemlich haltbar machen. In den Versuchen von Lazarus dagegen entfaltete sie sehr schwache antibakterielle Wirkung und die Gerinnung trat gleichzeitig in der behandelten und in der nicht behandelten Milch ein. Ganz wirkungslos zeigte sie sich insbesondere gegenüber den pathogenen Keimen.

4. Borax. Dasselbe wirkte schwach antibakteriell, konnte jedoch die Gerinnung der Milch um ca. 24 Stunden hinausschieben. Die Anzahl der pathogenen Keime wurde aber kaum vermindert.

5. Ätzkalk. Dieses Mittel besitzt im Allgemeinen eine energische bakterientötende Kraft, die es zu Desinfektionszwecken sehr brauchbar macht und man hätte demgemäß erwarten können, daß es konservierend auf die Milch einwirken würde. Lazarus fand es jedoch hier ganz wirkungslos, was sich aus dem Umstande erklärt, daß die in der Milch enthaltenen Karbonate und Phosphate mit dem Ätzkalke unwirksame Verbindungen bilden.

6. Wasserstoffsuperoxyd. Nach Chick*) soll ein Zusatz von 2 ‰ Wasserstoffsuperoxyd die Milch steril machen. Rosam**) konnte dieses nicht bestätigen, erreichte aber die Sterilisierung der Milch, wenn diese vor oder nach dem Zusatz des Wasserstoffsuperoxyds (ca. 0,15 g per Liter) auf 65°—75° erwärmt wurde. Budde empfahl ein ähnliches Verfahren. Indessen ist reines Wasserstoffsuperoxyd viel zu teuer, und die gewöhnlichen Handelspräparate enthalten meist giftiges Chlorbaryum.

7. Formaldehyd. Schon in einer Verdünnung von 1:10 000 verzögert Formalin die Gerinnung der Milch ganz bedeutend. Die Vermehrung der meisten Bakterien wird auch verhindert, jedoch nur wenn die Milch bei niedriger Temperatur (10—15°) aufbewahrt wird***). Bei 20° und 37° macht sich in dieser Hinsicht der Zusatz von Formalin nicht mehr geltend. Die meisten Hygieniker sind jedoch gegen die Anwendung von Formalinmilch, da zunächst bewiesen werden sollte, daß solche Formalindosen auch unschädlich sind. Dagegen ist Formalin

*) Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung 1901, Bd. VII, S. 705.

**) Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung 1902, Bd. VIII, S. 739.

***) P. Sommerfeld, Über Formalinmilch und das Verhalten von Formalin gegenüber einigen Bakterienarten (Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. L, S. 153).

Digitized by Google

(1 : 1 000) ein sehr gutes Mittel um Milchproben, die zum Zwecke einer Analyse verwendet werden müssen, zu konservieren. Jedoch ist zu beachten, daß die Labungsfähigkeit einer Milch, die einige Zeit der Einwirkung des Formalins ausgesetzt war, eine ziemlich bedeutende Einbuße erleidet und zwar sind die Veränderungen, die die Milch in dieser Hinsicht erfährt um so umfangreicher, je länger die Einwirkung des Formaldehyds dauert*). Auch wird der Säuregrad der Milch durch den Formalinzusatz ziemlich beträchtlich erhöht (0,5—1,8°)**).

In der Tat sind solche chemische Zusätze, auch wenn sie die Haltbarkeit der Milch wirklich erhöhen sollten, nicht empfehlenswert, da es sehr schwer festzustellen ist, ob eine gegebene Substanz, die auf den ersten Blick als unschädlich erscheint, nicht bei längerem Gebrauch, störend auf die Gesundheit wirken kann. In solchen Fällen tut man auch besser, um einen Mißbrauch mit solchen Mitteln vorzubeugen, deren Gebrauch überhaupt zu verbieten.

II. Physikalische Konservierungs- und Sterilisierungsmittel.

1. Filtration. Rein mechanische Reinigungsmittel, wie z. B. Filtration durch Tonfilter (Chamberland'sche und Berkefeld'sche Filter), vermittelst welcher man Flüssigkeiten keimfrei machen kann, sind auf die Milch nicht anwendbar, weil solche Filter das Fett und das suspendierte Kaseïn zurückhalten; was durchfiltriert, ist bloß klare Molke.

2. Elektrizität. Es ist möglich, daß in Zukunft eine der vielen Anwendungsarten der Elektrizität es möglich machen wird, Bakterien in einer Flüssigkeit abzutöten, ohne letztere selbst im Geringsten zu verändern. Indessen liegen bis jetzt noch keine Tatsachen vor, welche eine baldige Lösung dieses Problems als wahrscheinlich erscheinen ließen.

3. Kälte. Wie wir wissen, ist eine niedrige Temperatur einer raschen Vermehrung der Bakterien nicht günstig, daher wirkt eine schnelle Abkühlung der Milch nach dem Melken konservierend. Die Hoffnung dagegen, durch Gefrierenlassen der Milch dieselbe auf weite Entfernungen transportfähig oder ja selbst keimfrei zu machen, hat sich nur teilweise

*) Löwenstein, Wirkung des Formalins auf die Milch und das Labferment. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. XLVIII, S. 239.

**) Hanne, Die Azidität der Kuhmilch. Milchzeitung 1904, Nr. 42, S. 659 und Steinegger, Beitrag zur Kenntnis der Einwirkung des Formalins auf die Milch, Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz 1905.

Digitized by Google

erfüllt. Einmal leidet diese Methode an dem Übelstande, daß während des Gefrierens eine Aufrahmung stattfindet, sodaß Rahm und Magermilch gesondert erstarren, und daß nach dem Auftauen der Rahm sich nur schwer mit der Milch vermischen läßt*). Überdies werden etwaige Krankheitskeime nicht getötet, da wir ja wissen, daß manche pathogene Arten eine Kälte von — 110° C ertragen, so daß eine solche Milch den Anforderungen der Hygieniker nicht entsprechen würde.

4. Konservierung durch Hitze. Ein von jeher gebrauchtes Mittel, um die Milch haltbarer zu machen, ist das Erhitzen derselben.

Jede Hausfrau weiß, daß eine aufgekochte und wieder abgekühlte Milch sich länger hält als rohe. Diese Erfahrungstatsache läßt sich nach dem Vorhergehenden leicht erklären. Durch das Aufkochen werden nämlich die meisten Bakterien abgetötet, und erst wenn die am Leben gebliebenen sich wieder vermehrt haben verdirbt die Milch. Dieser Methode haften jedoch zwei Übelstände an; einmal wird der Geschmack der Milch etwas verändert, besonders wenn sie auf offenem Feuer gekocht worden ist, auch verdunstet ein Teil derselben, so daß ihre Zusammensetzung eine andere wird, dann aber gestattet sie das Aufbewahren der Milch nur für eine beschränkte Zeit. Um das Anbrennen der Milch zu verhindern, kann man freilich im Wasserbade erwärmen, und besonders zum Zwecke der Herstellung einer annähernd keimfreien Kindermilch hat man verschiedene Apparate erfunden, von denen die von Egli-Sinclair und Soxhlet die bekanntesten sind. Es sind dieses blecherne Wasserbäder, die auf das Feuer gestellt werden und in welchen eine Anzahl kleinerer Flaschen ca. $^3/_4$ Stunde im siedenden Wasser erwärmt werden, von denen jede eine Portion für eine Kindermahlzeit enthält. Die einzelnen, mit automatischem Verschlusse versehenen Flaschen werden nachher abgekühlt und unmittelbar vor der Mahlzeit geöffnet, so daß in der Zwischenzeit keine Bakterien von außen her hinein geraten können, was der Fall ist, wenn man den Vorrat in einem einzigen Gefäß aufkocht, welches dann mehrmals im Laufe des Tages geöffnet werden muß. Obwohl die Milch in solchen Fällen nicht absolut steril, d. h. keimfrei gemacht wird, werden diese Apparate gewöhnlich als Milchsterilisatoren bezeichnet. Hauptsache bei dieser letzteren Methode der Haltbarmachung der Milch ist es, daß wenigstens die pathogenen Bakterien, die in der Milch enthalten sein könnten, mit

*) In neuerer Zeit jedoch soll es gelungen sein diesen Übelstand durch Verbesserung des Verfahrens zu beseitigen und aus Dänemark z. B. wird vielfach solche gefrorene Milch nach England exportiert.

Digitized by Google

Sicherheit abgetötet werden. Man muß jedoch darauf achten, daß die Milch an einem kühlen Orte und auch nicht zulange aufbewahrt werde. Sonst würden die am Leben gebliebenen Sporen sich entwickeln, was gesundheitsschädliche Folgen nach sich ziehen könnte, da, wie Flügge*) nachgewiesen hat, einige dieser widerstandsfähigen sporentragenden Bazillen giftige Produkte in der Milch bilden.

Man hat nun das Prinzip der Erwärmung der Milch nach zwei Seiten zu vervollkommnen gesucht, je nachdem der Zweck absolut sichere Keimfreiheit, oder Erhaltung des Reingeschmacks ist, welch letzteres Erfordernis besonders da in den Vordergrund tritt, wo die Milch aufgerahmt oder verbuttert werden soll. Die zwei Methoden, die sich gebildet haben, nennt man eigentliche Sterilisierung und Pasteurisierung der Milch.

a) Sterilisierung der Milch. Unter Sterilisierung versteht man, wie wir schon wissen, eine Operation, welche volle Keimfreiheit z. B. einer Flüssigkeit gewährt. Milch absolut bakterienfrei zu machen, ist nun keine leichte Sache, wegen der sehr widerstandsfähigen Bakterien, die sie stets enthält, und daher muß man eine Temperatur von 110° C bis 115° C ca. eine Viertelstunde lang einwirken lassen, wenn man ganz sicher sein will. Dieses geschieht entweder in großen Dampfkochtöpfen mit direkter Feuerung, oder in Apparaten, in welche der gespannte Dampf einer Dampfmaschine geleitet wird. Solche Apparate müssen natürlich so gebaut sein, daß sie dem Drucke widerstehen können. Der Nachteil dieser Methode besteht darin, daß so hohe Temperaturen, besonders wenn die Sterilisierung lang dauert, die Milch noch mehr verändern als das bloße Kochen. Die Milch wird leicht bräunlich und schmeckt etwas verbrannt. Erwachsene, welche an rein schmeckende Milch gewöhnt sind, werden daher selten an einer so veränderten Milch Gefallen finden. Man hat sie bisher auch meist bloß für Kinder gebraucht, bei welchen es besonders auf die sichere Sterilität der Milch ankommt. Um das Sterilisieren zu erleichtern, hat man das Verfahren in verschiedener Weise gestaltet und verbessert. Einmal hat man angefangen, der Reinlichkeit beim Melken größere Beachtung zu schenken. Eine saubere Milch läßt sich nämlich viel leichter sterilisieren, selbst bei weniger hoher Temperatur, als eine Milch, welche gleich bei dem Melken Unmassen von Bakterien enthält, denn nicht bloß die Art, sondern auch die Zahl der Bakterien spielt hier eine wichtige Rolle. Dann hat

*) Zeitschrift für Hygiene, Bd. XVII, S. 272.

Digitized by Google

man die Erfahrung gemacht, daß bei dem Verschließen der Flaschen leicht eine Infektion eintritt, man hat daher jetzt Apparate, in denen die Flaschen noch unter Druck verschlossen werden, bevor der Deckel gelüftet wird.

Dank diesen und anderen technischen Verbesserungen gelingt es, ganz sterile Milch zu erhalten. So konnte denn bereits solche sterilisierte Milch monatelange Reisen vertragen ohne zu verderben. Wie gesagt, spielt die Reinlichkeit beim Melken hier eine Hauptrolle. Wir brauchen kaum hervorzuheben, wie wichtig in jeder Beziehung die Lösung dieses Problems: Herstellung einer in jeder Beziehung tadellosen Dauermilch, ist. In vielen Ländern gibt es kein Milchvieh, so daß die Milch, dieses so wichtige Nahrungsmittel, dort nicht erhältlich ist; in großen Städten ferner ist die Milchversorgung eine schwierige Aufgabe, was häufig Verfälschungen nach sich zieht; diesen Übeln wird nun abgeholfen, sobald man eine Milch hat, die weite Reisen verträgt. Gleichzeitig bietet dieser neue Industriezweig den milchproduzierenden Ländern eine sichere Einnahmequelle und eröffnet ihnen neue Absatzgebiete für ihre Milch. Indessen wird es kaum je gelingen, die den jetzigen Methoden noch anhaftenden Fehler zu beseitigen, die, wie wir gesehen haben, darin liegen, daß entweder der Geschmack der Milch leidet, wenn man absolut sichere Sterilisierung als Hauptzweck verfolgt, oder aber die Sterilisierung unsicher wird, wenn man mehr schonend verfahren will. Freilich wird nicht bloß der Geschmack durch das Sterilisieren verändert, sondern es erfährt die Milch, wie besonders die Untersuchungen Orla Jensens*) gezeigt haben, infolge starker Erhitzung ziemlich weitgehende Veränderungen. Insbesondere wird das Albumin ausgefällt, und zwar schon durch bloßes Aufkochen.

b) Pasteurisierung der Milch. In den Fällen, in welchen man bloß für kürzere Zeit die Milch haltbar zu machen wünscht und dabei besonders Wert darauf gelegt wird, daß sie dem Aussehen und dem Geschmacke nach gar nicht verändert werde und ihre natürlichen Eigenschaften möglichst behalte, bedient man sich am besten der sog. Pasteurisierung. Wir haben im ersten Teile dieses Büchleins gesehen, das schon bei einer Temperatur von 60—70° C die meisten ausgewachsenen Bakterien abgetötet werden, und daß nur die Sporen am Leben bleiben. Pasteur hat nun behufs Verhütung von Wein- und Bierkrankheiten ein Verfahren eingeführt, welches darauf beruht,

*) Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz 1905, S. 235.

Digitized by Google

daß diese Flüssigkeiten auf ca. 60° C erwärmt werden. Nach ihm wurde das Verfahren Pasteurisierung genannt. Bei Wein und Bier liegen aber die Verhältnisse insofern günstiger, als dieselben nicht so gute Nährböden für Bakterien sind wie die Milch; die der Pasteurisierung widerstehenden Keime vermehren sich daher in ersteren nicht so leicht als in letzterer, und daher kann auch das Pasteurisieren der Milch nicht so nachhaltig wirken wie dasjenige des Weines oder des Bieres. Dennoch zeigten die ersten Versuche, daß dadurch die Haltbarkeit der Milch bedeutend erhöht werden kann. Es würde uns zu weit führen, die zahlreichen Apparate zu beschreiben, welche erfunden worden sind, um das Prinzip der Pasteurisierung auf die Milch anzuwenden. Wir können in dieser Beziehung auf das ausgezeichnete Büchlein von Weigmann „Die Methoden der Milchkonservierung, speziell das Pasteurisieren und Sterilisieren der Milch" verweisen, welches diese Fragen ausführlich behandelt. Im allgemeinen kann man die Pasteurisierapparate in zwei Gattungen einteilen, in solche, in welchen die Milch nur kurze Zeit auf eine Temperatur von 70° C und darüber gebracht wird, und in solche, bei denen die Milch längere Zeit auf ca. 70° C erwärmt wird. Einer der Apparate der ersten Gattung war der Thiel'sche, welchem sich eine ganze Reihe mehr oder weniger ähnlicher Apparate anreihten. Bei dem Thiel'schen Apparate rinnt die Milch langsam, in dünner Schicht über eine wellig gebogene Heizfläche herab und gelangt von da in einen Kühler, nachdem sie die Temperatur von ca. 70—75° C erreicht hat.

Über die Haltbarkeit derartig pasteurisierter Milch führte Fleischmann*) Versuche aus, welche als Resultat ergaben, daß erhitzte Milch durchschnittlich um 30 Stunden haltbarer wurde, wenn sie nachher bei 12—14° C gehalten wurde. Van Geuns**) sah solche Milch bei 10—12° C 1—3 Tage später säuern als gewöhnliche Milch. Was die Lebensfähigkeit der pathogenen Keime in solcher Milch anlangt, so ergaben Versuche von Lazarus***), daß im Thiel'schen Apparate Cholerabazillen bei 62—70° C getötet wurden, nicht aber die Typhusbazillen. Nur bei Erhöhung der Temperatur bis auf ca. 75° C wurden sie meistens vernichtet. In diesem Apparate ist eben die Zeit, während welcher die Milch beim Herunterfließen über die gewärmte Fläche sich erhitzt, zu kurz bemessen. Man hat daher in neuerer Zeit

*) Milchzeitung 1884, Nr. 22.

**) Archiv für Hygiene Bd. III, S. 764.

***) Zeitschrift für Hygiene, Bd. XIII, S. 207.

Digitized by Google

die Thiel'schen Apparate durch anders konstruierte Apparate ersetzt, in welchen die Milch auf eine höhere Temperatur, meistens auf 85° C, gebracht wird. Die Resultate sind auch entsprechend bessere; insbesondere werden z. B. Tuberkelbazillen durch momentane Erhitzung auf 85° sowie durch Erwärmung auf 80° während einer Minute abgetötet*); jedoch wirkt eine solche Temperatur bereits schädigend auf Kaseïn und Albumin ein, wie aus der erwähnten Arbeit Orla Jensens hervorgeht. Da diese Apparate jedoch kontinuierlich arbeiten und eine rasche Pasteurisierung großer Mengen Milch, Rahm oder Molken in kurzer Zeit ermöglichen, so wird man schwerlich etwas besseres, wenigstens für den Großbetrieb finden. Wo es sich dagegen um kleinere Mengen Milch handelt, speziell zum Zwecke der Kinderernährung, da wird man solchen Apparaten den Vorzug geben können, in welchen die Milch weniger hoch, nur auf etwa 68°—70° erwärmt wird, aber dann während längerer Zeit. Entweder wird die Milch im Apparate mittels Dampfes erhitzt, in welchem Fall ein Rührwerk vorhanden sein muß, um ein Anbrennen der Milch während der Erwärmung zu verhindern, oder die Erwärmung der in Flaschen gefüllten Milch geht in einem Wasserbade vor sich. Über diese Art der Pasteurisierung liegen sehr sorgsame Versuche von Bitter**) vor, welche deren Brauchbarkeit beweisen. Zunächst suchte Bitter festzustellen, ob auf diese Weise die Krankheitskeime mit Sicherheit vernichtet werden können. Die Resultate waren folgende:

Tuberkelbazillen. Milch wurde mit bazillenhaltigem Auswurf von tuberkulösen Lungenkranken vermischt und verschieden lange auf 68—69° C erhitzt. Nachher wurden Meerschweinchen, für Tuberkulose sehr empfindliche Tiere, mit dieser Milch infiziert. Es zeigte sich, daß bereits nach 20 Minuten die Milch eine Infektion nicht mehr übertragen konnte, während die mit der nicht pasteurisierten Milch infizierten Tiere alle an Tuberkulose eingingen.

Nach Bang***) werden die im tuberkulösem Euterekrete enthaltenen Tuberkelbazillen sogar in 5 Minuten bei 65° C abgetötet. Versuche mit Reinkulturen in Glyzerinbouillon gaben auch damit übereinstimmende Resultate.

---

*) Chr. Barthel u. O. Stenström, Revue Générale du Lait, Vol. IV, 1904—05, p. 97.

**) Zeitschrift für Hygiene, Bd. VIII, S. 240.

***) Über die Abtötung der Tuberkelbazillen bei Wärme, Zeitschrift für Tiermedizin, Bd. VI, S. 81.

Digitized by Google

Typhus. Milch wurde mit einer Reinkultur von Typhusbazillen derart versetzt, daß im Kubikzentimeter Milch eine Million Typhuskeime enthalten waren, ein Verhältnis, welches in der Praxis wohl nie erreicht werden dürfte. Zudem brauchte Bitter zu seinen Versuchen stets 40 Liter Milch auf einmal, damit man ihm nicht vorwerfen könnte, daß er etwa in zu kleinen Verhältnissen operiert habe, und daß daher seine Resultate auf die Großindustrie nicht anwendbar seien. Wiederum wurden nach der Pasteurisierung die in der Milch enthaltenen Bazillen auf ihre Lebensfähigkeit untersucht, und zwar durch das Kulturverfahren, indem die Milch in geeignete Nährmedien eingesäet wurde, weil hier wegen Nichtempfindlichkeit der Tiere für Typhus ein Tierversuch nicht möglich war. Die Erwärmung auf 68—69° C hatte nun bereits nach 15 Minuten sichere Abtötung zur Folge.

Cholerabazillen und Diphteriebazillen sind überhaupt weniger resistent als Tuberkel- und Typhusbazillen; es muß daher angenommen werden, daß auch sie einer solchen Prozedur nicht werden widerstehen können.

Andere Krankheitskeime. Über Scharlach, Masern und andere infektiöse Krankheiten, deren Erreger noch nicht bekannt sind, konnten natürlicherweise keine Versuche angestellt werden. Falls jedoch eine Milch die mutmaßlichen Erreger derselben enthalten sollte, wäre wohl zu erwarten, daß die erwähnte Pasteurisierung auch sie abtöten würde, da erfahrungsgemäß in diesen Fällen eine Desinfektion der Wohnungen z. B. nicht schwerer gelingt als bei anderen Krankheiten.

Aus diesen Versuchen ergibt sich demnach, daß allfällige Krankheitskeime durch eine etwa 20—30 Minuten lang dauernde Pasteurisierung bei 68—69° C vollständig abgetötet werden. Eine solche Milch genügt demnach in hygienischer Hinsicht allen Anforderungen.

Sehen wir nun zu, wie es sich mit der Abtötung der sog. Saprophyten, zu denen die gewöhnlichen Milchbakterien gehören, oder mit anderen Worten mit der Haltbarkeit einer pasteurisierten Milch verhält. Um die Zahl der die Pasteurisierung überlebenden Bakterien zu bestimmen, nahm Bitter Zählungen derselben vor und nach dem Pasteurisieren vor. Zunächst fand er, daß in 20 Minuten die Anzahl der Bakterien ebenso vermindert wird, wie z. B. nach 35 Minuten. In der Praxis wird man sich demnach mit 20 Minuten begnügen können. Wir lassen hier einige Zahlen folgen, die über die Wirkung der Pasteurisierung Auskunft geben.

Digitized by Google

Vor	der	Pasteurisierung:	102 600	Bakterien	per	ccm.	Nach	derselben:	2—3
"	"	"	251 600	"	"	"	"	"	30—40
"	"	"	25 000	"	"	"	"	"	3—5
"	"	"	37 500	"	"	"	"	"	2—5
"	"	"	94 000	"	"	"	"	"	2

Jedenfalls gibt diese Pasteurisierungsart in dieser Hinsicht bessere Resultate als die Pasteurisierung im Thiel'schen Apparate. Van Geuns, der mit letzterem arbeitete, fand nämlich noch 5000—9000 Bakterien per ccm nach der Pasteurisierung.

In einer Serie von 19 Versuchen, die ich selbst anstellte, konnte ich die Erfahrung von Bitter größtenteils bestätigen; da ich dieselben indessen im Sommer und zwar mit Marktmilch ausführte, während Bitter das Pasteurisieren unmittelbar nach dem Melken vornahm und ich daher mit einer bakterienreicheren Milch operierte, fand ich durchschnittlich etwas höhere Zahlen. Gewöhnlich blieben bei meinen Versuchen 10—40, zuweilen aber auch einige Hunderte bis zu 1000 Bakterien im Kubikzentimeter. Diese Unterschiede in den Resultaten der einzelnen Versuche sind leicht zu erklären, denn die Zahl und besonders die Art der in der Milch enthaltenen Bakterien wechseln stets. An dem einen Tage mag sie viele und widerstandsfähige Keime enthalten, am andern Tage nicht. Um die Erhöhung der Haltbarkeit zu bestimmen, stellte Bitter Proben der pasteurisierten Milch bei verschiedenen Temperaturen auf, und nahm dabei an, daß die Milch als verdorben zu betrachten sei, sobald sie bei dem Kochen gerann. Es zeigte sich nun, daß die Temperatur hier wieder eine Hauptrolle spielt. Bei Temperaturen über 30° C, die also die Vermehrung der am Leben gebliebenen Bakterien am meisten begünstigen, war die Haltbarkeit bloß um 6—8 Stunden erhöht. Bei 25° C war sie mindestens um 10 Stunden erhöht, bei 23° C um 20 Stunden und bei 14—15° C um 50—70 Stunden. Dieses beweist zur Genüge die Notwendigkeit eines raschen Abkühlens nach der Pasteurisierung. Einen großen Unterschied macht es ferner, ob die Milch nach dem Pasteurisieren in sterilisierten oder nicht sterilisierten Gefäßen aufbewahrt wird. Folgende Zahlen geben lehrreiche Beispiele:

Die Milch war bei 20—24° C verdorben:

In sterilen Gefäßen:	In nicht sterilisierten Gefäßen:
nach	nach
46 St.	24 St.
96 "	48 "
72 "	24 "
130 "	65 "
86 "	48 "

Digitized by Google

In sterilen Gefäßen:	In nicht sterilisierten Gefäßen:
nach	nach
104 St.	66 St.
46 „	18 „
80 „	48 „

Diese acht Versuche zeigen, daß man bei der Behandlung der Milch nicht reinlich und möchten wir sagen, pedantisch genug vorgehen kann, denn die besten Maßregeln werden unnütz gemacht, sobald man sich die kleinste Nachlässigkeit zu Schulden kommen läßt. Man vergesse daher nicht, wie wichtig es ist, alle Gefäße und sonstigen Geräte mit Dampf oder kochendem Wasser auszubrühen. Für die Praxis versprechen die Versuche Bitters sehr erfreuliche Resultate. Bei 20° C ist rohe Milch, die nicht pasteurisiert wird, bereits nach 20 St. verdorben, bei 27—30° C schon in 15 St. Pasteurisierte Milch dagegen wird sogar in dem heißesten Sommer noch nach 30 St. ganz gut sein, wenn man z. B. berechnet, daß sie vor dem Transport etwa 10 St. bei Keller-Temperatur verbliebe, dann etwa 10 St. lang auf dem Wege einer Temperatur von 22—23° C (man kann für weite Transporte die kühlere Tageszeit brauchen) ausgesetzt wäre, 4—5 St. lang auf dem Markt sich befinden und erst nach mehreren Stunden konsumiert würde. Bitter zeigte die Richtigkeit dieser Annahme durch folgendes Experiment: eine pasteurisierte Milch hielt er 10 St. bei 14° C, dann 22 St. bei 23° C und 7 St. bei 30° C. Sie war dann noch ganz normal und hielt sich noch 7 St. bei 23° C. Auch auf den Rahm dürfte sich mit der Zeit, wenigstens in solchen Molkereien, in welchen man gegen häufige Milchfehler anzukämpfen hat, das Pasteurisierungsverfahren erstrecken, sei es bloß für den Transport auf weitere Entfernungen, sei es bei der Butterfabrikation, denn pasteurisierter Rahm läßt sich gut verbuttern.

Nach Russell und Hastings*) macht es auch einen großen Unterschied, ob die Milch in offenen Gefäßen oder bei Luftabschluß erwärmt wird. Bei Luftzutritt bildet sich nämlich eine Haut bereits bei 60° C, die auf die darin eingeschlossenen Bakterien eine schützende Wirkung ausübt. Sie machten die Versuche mit Tuberkelbazillen und einem gegen Wärme sehr widerstandsfähigen Mikrokokkus. So fanden sie z. B. die unter der Haut befindliche Milch steril, während in der Haut noch lebensfähige Keime enthalten waren. Um eine solche Hautbildung zu verhindern, hat Gerber**) einen Pasteurisierschüttelapparat zum Zwecke der Pasteurisierung in Flaschen eingeführt.

*) Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung 1902, Bd. VIII, S. 462.
**) Revue Générale du Lait, Vol. II, p. 169.

Digitized by Google

In neuerer Zeit ist von Kolle*) die Widerstandsfähigkeit der pathogenen Bakterien in Milch gegen Erwärmung wiederum geprüft worden. Bei seinen Versuchen benutzte er Typhus-, Paratyphus-, Dysenterie- Cholera- und Fleischvergiftungsbakterien (sog. Enteritidis-Bakteriengruppe), sowie auch die gewöhnlichen Coli-Bakterien. Bemerkenswerte Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit dieser Mikroorganismen wurden nicht aufgefunden. Alle erlagen der Erhitzung auf 60° nach einigen Minuten, so daß Kolle eine 10—15 Minuten lang dauernde Erhitzung auf diese Temperatur als genügend im Großbetriebe ansieht.

Meinerseits habe ich bei Prüfung eines Apparates für Pasteurisierung von Kindermilch, in welchen die Milch 20 Minuten lang einer Temperatur von 68°—69° ausgesetzt wird, gefunden, daß dabei Typhus-Coli-, Aërogenes- und Pyocyaneus-**)Bakterien sicher abgetötet werden. Bei diesen Versuchen wurden die Flaschen mit sterilisierter Milch gefüllt, dann mit 5 Kubikzentimeter einer frischen Bouillonkultur dieser Bakterien geimpft, pasteurisiert und dann nicht bloß einige Gelatineplatten gegossen, sondern die ganze Flasche mehrere Tage im Brütofen aufbewahrt. In allen Versuchen blieben sämtliche Flaschen steril, ein Beweis, daß alle eingeimpften Bakterien abgetötet worden waren***).

Eine andere wichtige Anwendung der Pasteurisierung haben wir früher kennen gelernt, bei Besprechung der Anwendung von Reinkulturen für Ansäuerung des Rahmes bei der Butterfabrikation.

Endlich könnte man noch hinzufügen, daß pasteurisierte Milch unter dem Einfluß des Labes noch ganz gut gerinnt. Solche Milch kann demnach noch verkäst werden, wenigstens bei der Herstellung von Weichkäsen, denn es ist zu bemerken, daß bei Hartkäsen der Teig nicht die gleiche Konsistenz bekommt. In der Praxis der Emmenthalerkäserei wäre ein solches Verfahren daher nicht anwendbar. Auf diese Weise kann man den Einfluß verschiedener Bakterienarten auf die Käsereifung untersuchen, indem man durch Pasteurisieren die meisten Bakterien abtötet und dann Reinkulturen der zu studierenden Art der Milch vor dem Verkäsen hinzusetzt.

---

*) Kolle, Milchhygienische Untersuchungen, S. 10.

**) Der Bacillus pyocyaneus ist als Erreger der grünen Diarrhöe bei Kindern angesehen worden.

***) Revue générale du Lait, 1904—05, Vol. IV, p. 433 und Korrespondenzblatt für Schweizer Ärzte 1905, Nr. 16.

Digitized by Google

Die zu befolgenden Regeln bei Auftreten von Milchkrankheiten.

In den vorigen Abschnitten haben wir somit die Ursachen von vielen Milchfehlern kennen gelernt und wir sind daher nun imstande, durch geeignete Maßregeln (Reinlichkeit usw.) dem Auftreten einer Milchkrankheit vorzubeugen, was immer leichter ist, als den einmal eingeschlichenen Milchfehler wieder los zu werden. Trotz aller Vorsicht kann sich indessen diese Unannehmlichkeit ereignen, gerade so wie auch wir trotz einer richtigen Ernährung und einer gesunden Lebensweise doch stets verschiedenen Krankheiten ausgesetzt bleiben. Was sollen wir nun anfangen, wenn in einer Käserei oder in einer Molkerei solche Fehler auftreten? Vor allen muß gesucht werden, wo der Fehler liegt, dann müssen die Verhältnisse, die ihn begünstigen, beseitigt werden. Wo mit großen Quantitäten Mischmilch gearbeitet wird, muß durch Stalluntersuchungen festgestellt werden, woher die fehlerhafte Milch kommt. Da zuweilen, wie wir gesehen haben, bei Euterkrankheiten die Milch schädliche Organismen enthält, welche das Blähen der Käse verursachen können, müssen auch die einzelnen Kühe tierärztlich genau untersucht werden*).

Je nach der Art der Fehler wird die Milchuntersuchung sich leichter oder schwieriger gestalten; in letzterem Falle, wenn es sich um Isolierung und Reinzüchtung von Bakterien oder um genaue chemische Untersuchungen handelt, kann dieselbe nur in einem gut eingerichteten bakteriologischen, resp. chemischen Laboratorium ausgeführt werden, dem Proben der verdächtigen Milch zuzusenden sind, und zwar in sterilisierten oder wenigstens mit kochendem Wasser mehrmals ausgewaschenen Flaschen und, wenn die Entfernung eine größere ist, wo möglich in Eisverpackung, damit der Vermehrung der Bakterien eine Schranke gezogen werde. In anderen Fällen dagegen kann die Untersuchung auf der Molkerei selber leicht ausgeführt werden. Treten z. B. Blähungen im Käsen auf, so ist festzustellen, welche Milch die uns jetzt zum Teil bekannten Blähungserreger enthält. Ein bekanntes, sehr einfaches Verfahren ist die sog. Gärprobe von Walter. Die Milch wird dabei in Gläsern im Wasserbade einer gleichmäßigen Temperatur von am besten 38—39° C ausgesetzt und soll dabei 10—12 St. verbleiben können ohne zu gerinnen oder sonstige auffallende Gärungen

*) Über die Ausführung der Stallinspektionen findet man nähere Angaben in Wyßmann und Peter, Milchwirtschaft, II. Auflage, S. 108.

Digitized by Google

durchzumachen*). Man untersucht die Milch dann noch ein zweites und ein drittes Mal, nach ca. 15 und 20—24 St. Ist nach dieser Zeit die Milch schön und gleichmäßig geronnen, so kann man annehmen, daß sie keine schädlichen Bakterien enthält. Sind viel Gasblasen im Rahm und in der geronnenen Masse, so zeigt dieses, wie gesagt, die Anwesenheit von gasbildenden Bakterien an. Vielfach ist die Milch geronnen, aber mit Ausscheidung von Molken. Sind die Molken schön grünlich, so sind besonders die gewöhnlichen Milchmikrokokken vorhanden, und wenn diese Erscheinung nicht allzufrüh einsetzt, woraus man auf die Gegenwart einer übermäßigen Zahl solcher Mikrokokken schließen dürfte, so ist die Sache nicht allzu gefährlich. Sind jedoch die Molken schmutzig-weißlich oder ist das Gerinnsel zerrissen und nicht zusammenhängend, so deutet dieses nach Untersuchungen, die ich darüber angestellt habe, auf die gleichzeitige Gegenwart zahlreicher Blähungsbakterien hin. Man sieht, daß diese Gärprobe ganz auf bakteriologischer Grundlage beruht; man geht nämlich von dem Gedanken aus, daß, wenn die betr. Milch übermäßig viele oder viel Gas bildende Bakterien enthält, die letzteren bei der günstigen Temperatur ihre verderblichen Wirkungen entfalten werden. Will man jedoch gute Resultate bei Anwendung dieses Verfahrens erhalten, so muß dafür gesorgt werden, daß die betr. Gläser vorher keimfrei gemacht werden. Den Einfluß der Keimfreiheit der Milchbehälter haben wir bei Anlaß der Pasteurisierung der Milch kennen gelernt und gesehen, daß pasteurisierte Milch in sterilen Gefäßen aufbewahrt fast zweimal so lange sich hält, als in nicht sterilisierten Kannen. Bringt man daher bei der Gärprobe eine vielleicht ganz gute Milch in nicht keimfrei gemachte Gläser, so können, wenn dem Glase viele und schädliche Bakterien anhaften, diese letzteren Gärungserscheinungen in der Milch hervorbringen, die sonst unterblieben wären. Am besten sterilisiert man die Gläser $^1/_2$ St. lang in einem Apparate mit strömenden Dampfe, da nämlich, wo mit Dampf gearbeitet wird und die Anbringung eines solchen Sterilisierungsapparates leicht möglich ist. Zu diesem Zwecke genügt z. B. ein metallener Kasten (Kupfer oder Eisenblech), der zur Aufnahme der Gläser bestimmt ist und durch ein Rohr mit dem Dampfkessel in Verbindung gesetzt werden kann,

*) Es sind sehr brauchbare Apparate für die Gärprobe konstruiert worden, bestehend aus einem Wasserbade und einer Weingeistlampe nebst den dazugehörigen Gläsern mit Deckeln. Dieselben sind in jedem Geschäfte für Molkereigeräte erhältlich. Durch Höher- und Niederstellen des Dochtes läßt sich die Temperatur mit genügender Genauigkeit regulieren.

Digitized by Google

so daß der Dampf von unten einströmt und nach oben durch eine Öffnung ausströmt. Wo ein solcher Sterilisierungskasten sich nicht anbringen läßt, kann man die gut gereinigten Gläser mit konzentrierter Schwefelsäure ausspülen und dann nochmals mit heißem, ausgekochtem Wasser auswaschen. Auch die Deckel sind zu sterilisieren, am leichtesten, indem man sie unmittelbar vor dem Auflegen einige Augenblicke über die Flamme einer Weingeistlampe hält. In einem Sterilisierungskasten kann man einen ganzen Vorrat von Gläsern im Voraus keimfrei machen, natürlich aber muß, bis dieselben gebraucht werden, der Kasten verschlossen bleiben; auch soll die Öffnung, die dem Entweichen des Dampfes dient, zugedeckt werden. Werden die Gläser mittelst Schwefelsäure sterilsiert, so hat dies unmittelbar vor dem Einfüllen zu geschehen. Die Gläser sollen auch möglichst gleichmäßig gefüllt werden. Hat man etwa mehrere Proben gleichzeitig zu prüfen, so muß man sich wohl hüten, etwa mit dem gleichen Topfe oder Gefäße die Proben zu schöpfen und in die Gläser einzugießen, dadurch würden ja die Bakterien der einen Probe in die anderen hineingebracht. Bei Einsendung von Milchproben an ein Laboratorium ist die Sterilisierung der Flaschen in gleicher Weise vorzunehmen wie für die Gärprobe angegeben ist.

Diese Gärprobe kann in vielen Fällen nützliche Winke geben. Indessen ist nicht zu vergessen, daß sie auch richtig angewendet werden muß und in dieser Hinsicht wird vielfach gefehlt. Werden z. B. die Gläser erst nach 24 St. oder noch später untersucht, so hat man kein richtiges Bild mehr, denn jede Milch enthält Bakterien, die sich bei der günstigen Temperatur der Gärprobe entwickeln müssen und dabei allerlei Veränderungen in der Milch hervorbringen. Bei der Beurteilung der Resultate der Gärprobe ist daher besonders darauf zu achten, ob diese Veränderungen zu früh einsetzen. Ferner muß man auch genau darauf achten, daß die Temperatur die angegebenen Grenzen nicht überschreite. Um 40° C herum werden die Blähungsbakterien gegenüber den gewöhnlichen Milchsäurebakterien ganz besonders begünstigt und es kann leicht geschehen, daß eine ganz normale Milch, in welche aber beim Melken zufälliger Weise nur einige wenige Aërogenes- oder Coli-Bakterien hineingefallen sind, bei dieser hohen Temperatur abnorme Gärungserscheinungen zeigt, die sonst ausgeblieben wären.

Überhaupt sollte man bei der Anwendung der Gärprobe nie vergessen, daß sie eigentlich nichts anderes ist als eine bakteriologische Schmutzprobe und nichts über die Milch als solche sagt. Vielfach dagegen scheint man von der Idee auszugehen, daß das Verhalten einer

Digitized by Google

Milch in der Gärprobe mit ihren speziellen Eigenschaften im Zusammenhang stehe. Dieses tritt indessen nur in seltenen Fällen ein; leidet z. B. eine Kuh an Euterentzündung, so werden die dieselbe verursachenden Bakterien auch in der Gärprobe ihre Gegenwart verraten, in den allermeisten Fällen aber hängen die Resultate der Gärprobe nur von dem Grade der Reinlichkeit beim Melken ab.

Zeigt z. B. die Sammelmilch einer Stallung anormale Erscheinungen in der Gärprobe, so wird man gewöhnlich finden, wenn man die Milch der einzelnen Kühe der Gärprobe unterwirft, daß alle Milchproben sich normal verhalten, wenn man nur dafür sorgt, daß die Milch mit absoluter Sauberkeit in sterile Gläser gemolken wird. Hauptsache ist also, wenn die Milch einer Stallung die Gärprobe schlecht besteht, daß man für Reinlichkeit beim Melken sorgt und allfällige Infektionsquellen beseitigt. Sehr gefährlich in dieser Beziehung ist der Durchfall der Kühe, denn in solchem Falle wird die Milch viel leichter beschmutzt, und auch scheinen die Darmbakterien der Kühe (Coli- und Aërogenes-Bakterien) bei Vorhandensein von Durchfall stärkere Gärungserscheinungen auslösen zu können.

Es kann auch vorkommen, daß die Milch bei der Untersuchung als tadellos sich zeigt, und daß trotzdem die aus derselben hergestellten Käse blähen. In solchen Fällen können das verwendete Lab, wie schon erwähnt wurde, oder das in der Käserei zur Reinigung der Geräte gebrauchte Wasser*) an der Erscheinung Schuld sein, da Lab und Wasser ebensogut wie Milch von schädlichen Bakterien infiziert werden können. So führt z. B. Adametz einen Fall an, in welchem in einer Käserei bloß diejenigen Käse blähten, welche mit einem bestimmten Labauszuge bereitet worden waren, während dieselbe Milch, mit anderem Lab gedickt und ganz in der gleichen Weise verarbeitet, vollkommen normale Käse lieferte. Man wird daher auch Lab und Wasser auf die in ihnen enthaltenen Bakterien untersuchen müssen, was ebenfalls sehr zweckmäßig mittelst der Gärprobe geschehen wird. Am besten wird man sterilisierter oder aufgekochter Magermilch etwas von dem betr. Lab oder Wasser zusetzen und im Gärapparate halten. Um den Grad der Verunreinigung genauer zu bestimmen, kann man einige Gläser mit bloß einem Tropfen, andere mit mehreren Tropfen bis einigen

*) In vielen Käsereien der Schweiz pflegt man auch der zu verkäsenden Milch etwas Wasser zuzusetzen, ca. 40—80 Liter für 1000 Liter Milch. Die Käser sagen gewöhnlich, daß der Käse schlecht reife, wenn man es nicht tue. Jedenfalls versteht es sich, wie wichtig es ist, daß das benutzte Wasser rein sei.

Digitized by Google

Kubikzentimetern infizieren. Treten auch in den mit einem oder wenigen Tropfen infizierten Gläsern deutliche Gärungserscheinungen auf, so muß das betr. Lab oder Wasser als verdächtig angesehen werden. Ist das Lab fehlerhaft, so ist es durch ein anderes zu ersetzen; ist das Wasser verdächtig, so muß nach den Ursachen der Verunreinigung gesucht werden.

Ein noch vollkommenerer, wenn auch etwas komplizierterer Apparat, dessen Handhabung indessen auch Käsern und Molkereitechnikern möglich ist, ist der von Prof. Schaffer, Kantonschemiker in Bern konstruierte Gärapparat*). Derselbe beruht auf der Anwendung der eudiometrischen Methode und gestattet eine Messung der Menge der von den schädlichen Bakterien gebildeten Gase; man kann somit deren Gefährlichkeit leichter beurteilen. Ich lasse die Beschreibung desselben hier folgen, wie der Verfasser sie in seiner diesbezüglichen Arbeit gegeben hat**).

„Derselbe (vergl. Fig. 3) besteht aus einem zylindrischen Gefäße und dem oberen Teile, welcher zum Auffangen und Messen des Gases dient. Ein eingeschliffener hohler, unten offener Stöpsel b schließt das Gefäß a hermetisch ab. Das in Kubikzentimeter eingeteilte Rohr c ist oben mit einem Hahn d versehen und durch entsprechend gekrümmte Röhren mit dem Glasstöpsel b und der Kugel e verbunden, so zwar, daß dasselbe mit einer Flüssigkeit gefüllt werden kann, so lange der Druck zu beiden Seiten gleich groß ist. Der ganze Apparat wird entweder aus Glas konstruiert oder aber zur Verminderung der Zerbrechlichkeit vom Stöpsel b bis zur Marke i — also mit Ausnahme des Gefäßes a, des graduierten Rohres c und der Kugel e — aus Metall hergestellt. Um den verschiedenen Anforderungen zu entsprechen, wird der Apparat in diversen Größen konstruiert. Der Inhalt des Gefäßes a wird gewöhnlich bis zur Marke m 100 und derjenige des graduierten Rohres 10—30 ccm

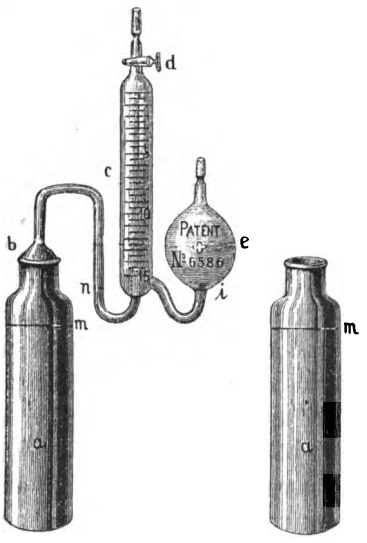


Fig. 3.

*) Dieser Apparat kann bei Herrn Büchi, Optiker in Bern bezogen werden.
**) Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz, Bd. VII, S. 72.

Digitized by Google

betragen, und die Höhe des Gefäßes a sich der Form der z. B. in den Käsereien vorhandenen Gärproben etwas anpassen müssen.

„Die Anwendung des Gärgasapparates geschieht in folgender Weise:

„Das Gefäß a wird sterilisiert oder in der Praxis statt dessen mit heißer Sodalösung oder noch besser mit konzentrierter Schwefelsäure so gespült, daß die Wandungen damit gänzlich angenäßt sind. Hierauf wird die noch anhaftende Soda oder Säure durch mehrmaliges, gehöriges Spülen mit reinem Brunnenwasser wieder entfernt und schließlich mit gut aufgekochtem Wasser nachgespült. Dann füllt man von der verdächtigen Milch oder sonstigen Flüssigkeit bis zur Marke m ein und bringt das Glas in die mit genügend Wasser gefüllte, voraus schon auf ca. 38° C erwärmte sog. Gärprobe der Käsereien oder in irgend ein anderes Wasserbad (resp. Thermostat). Die graduierte Röhre des oberen Teiles des Apparates wird unterdessen mit einer antiseptischen, etwas gefärbten Flüssigkeit*) angefüllt, was am einfachsten so geschieht, daß man den Glasstöpsel b in dieselbe eintaucht und bei d saugt, nachdem der Hahn geöffnet ist, und indem man das Röhrchen über der Kugel e mit dem Finger zuschließt. Um das Saugen zu erleichtern, wird ein kleiner Kautschukschlauch beigegeben. Sobald die Röhre c gefüllt ist, wird der Hahn zugedreht und dafür gesorgt, daß die Flüssigkeit unten ungefähr bis zu den Marken n und i reicht. Der hohle Glasstöpsel wird sich unterdessen wieder entleert haben und soll nun durch einen Bauschen von reiner Watte leicht angefüllt werden. Ist dieser Teil des Apparates übrigens einmal gefüllt und vom vorhergehenden Versuche her sorgfältig aufbewahrt worden, so bedarf es nur des leichten Ansaugens und der Anwendung des Hahnes, um das Rohr bis d wieder anzufüllen. Nun wird der Stöpsel b auf der unteren Seite zwei- oder dreimal leicht durch eine Flamme gezogen und jetzt auf das Gefäß in der Gärprobe (dem Wasserbade) aufgesetzt, in welcher die Temperatur während des ganzen Versuches auf ca. 38° C bleiben muß. Enthält die Milch Blähungsfermente, so wird sich das entstandene Gas in der Röhre unterhalb des Hahnes d ansammeln, wo das Quantum desselben abgelesen werden kann. In gleicher Weise gestaltet sich auch die Untersuchung der Labflüssigkeit,

*) Als Sperrflüssigkeit kann z. B. ein zur Aufhebung der Absorptionsflüssigkeit für Kohlensäure mit ca $^1/_2$ % Schwefelsäure versetztes und mit Säurefuchsin schwach rot gefärbtes Wasser verwendet werden. Nach einem Versuche besteht nämlich, wie zu erwarten war, das entwickelte Gas größtenteils aus Kohlensäure.

Digitized by Google

des Wassers usw. Bei Wasseruntersuchungen ist ein Zusatz von Milch erforderlich, um den vorhandenen Bakterien die günstigen Ernährungsbedingungen zu bieten, wie solche später in Käse vorhanden sein würden. Es wurden jeweilen 25 ccm des Wassers mit 75 ccm keimfrei gemachter Vollmilch oder Magermilch gemischt und aufgestellt. Wenn in der Praxis nicht sterile Milch zur Verfügung steht, so dürfte man sich mit einer gut aufgekochten behelfen".

Die zahlreichen Versuche, die der Verfasser mit diesem Apparate anstellte, gaben interessante Resultate. Gute Milch bildete nach 12 St. überhaupt kein Gas, war auch nach dieser Zeit stets noch flüssig; Milch, die nach dieser Zeit bereits zersetzt war, hatte auch einige Kubikzentimeter Gas gebildet; war sie mit einem Blähungserreger, wie Bac. Guillebeau a geimpft, so waren nach 12 St. bereits 30 und nach 25 St. sogar 82 ccm Gas gebildet. Nach letzterer Zeit hatten sich dagegen aus der normalen Milch noch gar kein oder nur geringe Mengen (bis 5 ccm) Gas gebildet. Auch das Wasser lieferte lehrreiche Ergebnisse. Während bei gewissen Wasserproben (mit steriler Milch vermischt) nur wenige Kubikzentimeter oder überhaupt gar kein Gas nach 24 St. sich gebildet hatten, konnte man bei anderen Wasserproben Ansammlungen bis 30 ccm Gas beobachten. Jede Milch, aus der sich in 12 St. merkliche Mengen Gas entwickelten, verhielt sich auch in der Gärprobe auffällig.

Zu erwähnen wäre noch die im Allgäu gebräuchliche Labgärprobe (Käsegärprobe). Diese wird wie die Gärprobe ausgeführt, nur fügt man jeder Milchprobe 2 ccm einer mit ausgekochtem Wasser bereiteten Lablösung (künstliches Lab) zu. Die dadurch gebildeten Käschen untersucht man nach 12—24 St. und beurteilt die Milch nach der Anzahl und Größe der Löcher und Gasblasen.

Von großem Nutzen ist auch die bloße Bestimmung des Säuregrades der Milch, denn eine Milch die eine anormale Menge von säurebildenden Bakterien enthält, oder zu lange oder bei zu hoher Temperatur aufbewahrt worden ist, wird auch einen zu hohen Säuregrad anzeigen. Unter den vielen Methoden, die zur Bestimmung des letzteren verwendet werden, ist besonders diejenige von Soxhlet und Henkel bekannt.

Das Verfahren von Soxhlet und Henkel zur Bestimmung des Säuregrades in der Milch besteht darin, daß man zu 50 ccm Milch, 2 ccm einer 1%igen alkoholischen Phenolphtaleïnlösung, und hierauf unter Umrühren aus einer Bürette so lange $^1/_4$ Normalnatronlauge

Digitized by Google

zusetzt, bis eine schwach rötliche Färbung entsteht. Die Anzahl der Kubikzentimeter Lauge, welche bis zu diesem Punkte, d. h. bis zur Sättigung der Säure erforderlich ist, wird als Säuregrad bezeichnet. Frische normale Milch gibt einen Säuregrad von 2,8—3,8. Mit 14—15 Säuregraden ist die Milch im Begriffe, schon bei gewöhnlicher Lufttemperatur zu gerinnen.

Das Verfahren ist einfach, erfordert jedoch eine gewisse Übung in der Handhabung von Büretten usw. Wesentlich vereinfacht wird die Bestimmung des Säuregrades, wenn man sich des ebenfalls von Schaffer eingeführten „Azidimeters für Milch“*) bedient. Man bedarf daneben (siehe die Figur) nur der beiden vorhin erwähnten Lösungen, Phenolphtaleïn und $^1/_4$ Normalnatronlauge, die in jeder Apotheke hergestellt werden können.

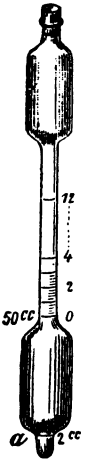


Fig. 4.

Bis zur Marke a wird Phenolphtaleïn und hierauf bis zum Teilstriche o von der zu untersuchenden Milch eingefüllt; nun gießt man vorerst etwa $2—2^1/_2$ ccm $^1/_4$ Normalnatronlauge hinzu, mischt die Flüssigkeiten durch Umwenden des oben mit einem Finger oder einem Korkzäpfchen verschlossenen Apparates und fährt mit dem Hinzufügen der letzteren Lösung in Mengen von nur wenigen Tropfen vorsichtig fort, bis nach wiederholtem Mischen der Flüssigkeiten eine schwache Rotfärbung derselben bleibend vorhanden ist. An dem Teilstriche, bis zu welchem die Mischung im aufrecht gehaltenen Apparate reicht, kann hierauf der Säuregrad der Milch direkt abgelesen werden. Um die Schaumbildung, durch welche das exakte Ablesen beeinträchtigt wird, möglichst zu vermeiden, wird die Mischung der Flüssigkeiten am besten nicht durch Schütteln, sondern nur dadurch bewirkt, daß man dieselben 1—2 Mal durch Umwenden in den oberen erweiterten Teil des Apparates und dann wieder zurückfließen läßt.

Meistens wird es für die Praxis genügen, gerade auf einmal 4 ccm der Lauge zuzusetzen und zu konstatieren, ob nach dem Mischen die Rotfärbung bleibt. Ist dies der Fall, bleibt also die Mischung mehr oder weniger rot, so beträgt der Säuregrad weniger als 4, und die untersuchte Milch kann als genügend frisch und rein betrachtet

*) Das Azidimeter für Milch kann bei Herrn Büchi, Optiker in Bern, bezogen werden.

Digitized by Google

werden. Ist aber keine bleibende Rotfärbung eingetreten, so wird die Bestimmung fortgesetzt und genau durchgeführt.

Als Ergänzung der Gärprobe wird von Peter noch die Säuerungsprobe*) empfohlen, nämlich Aufstellung der Milch bei 20° bis 24° C (während 15—18 St.) mit nachfolgender Bestimmung des Säuregrades. Sie hat den Zweck die Haltbarkeit der Milch bei gewöhnlicher Sommerwärme zu bestimmen. Ist die Säuerung eine zu rasche, so deutet dies auf unrichtige Behandlung der Milch hin (Unreinlichkeit beim Melken, mangelnde Abkühlung usw.).

Dickt eine Milch nur schlecht beim Laben, was allerdings nicht sowohl der Wirkung der Bakterien zuzuschreiben ist, als der chemischen Zusammensetzung der Milch, so kann auch auf der Käserei die Milch der einzelnen Lieferanten der sog. Kaseïnprobe nach Schaffer unterworfen werden. Zu diesem Zwecke wird die Milch in einem Wasserbade**) auf 35° C erwärmt und mit einer bestimmten Quantität Lab versetzt. Man sieht dann, ob die Milch in normaler Zeit gerinnt. Für 100 ccm Milch braucht man 2 ccm einer Lablösung, bestehend aus 500 ccm Wasser, in welchem man eine Hansen'sche Labtablette (kleinste Nummer) aufgelöst hat. Die Milch soll, wenn sie normal ist, in 10 bis 20 Minuten dick, d. h. normal geronnen sein. Erweist sich eine Milch bei dieser Kaseïnprobe als schlecht, so soll sie von der Käsefabrikation ausgeschlossen werden.

Handelt es sich um fadenziehende Milch, so muß festgestellt werden, bei welchem Lieferanten die Milch diese Eigenschaft zeigt, indem man Proben der verschiedenen Milchlieferungen aufstellt und nach 12—24 St. untersucht. Die Infektionserreger befinden sich meist im Stalle selber oder in den ungenügend gereinigten Melkgeräten und gelangen in die Milch während des Melkens. Sind sie in der Luft des Stalles verbreitet, so gelingt ihr Nachweis leicht, wenn man die Milch in nicht zugedeckten Gläsern im Stalle selber aufstellt. Deckt man im Gegenteil die Gläser zu, nachdem man nach Reinigung des Euters rasch in dieselben gemolken hat, so wird in diesem Falle die Milch nur schwach oder gar nicht fadenziehend, weil sie dann nicht genügend von dem Stallstaube infiziert wird. Nur in solchen Fällen, wo eine Euterkrankheit, verursacht durch eine der Bakterien der fadenziehenden Milch (z. B. Bacillus Guillebeau c), vorliegt, ist die Milch bereits bei dem Melken fadenziehend; in diesem Falle sieht man aber gleich, wo die Ursache liegt.

*) Schweizer. Milchzeitung, 1900, Nr. 40.

**) Der betreffende Apparat ist in jedem Geschäfte für Molkereigeräte erhältlich.

Digitized by Google

Hat man festgestellt, daß eine bestimmte Stallung an der Erscheinung schuld ist und die Infektionserreger in sich birgt, so sind zunächst alle Geräte und Geschirre, die mit der Milch in Berührung kamen, auszubrühen; auch die Kühe sind zu reinigen, die Euter zu waschen, ebenso die Kleider und Hände der Melker, denn es ist wahrscheinlich, daß die betr. Bakterien daran haften. Helfen diese Maßregeln nicht, so muß die ganze Stallung desinfiziert, d. h. von den Bakterien, die sich in dieselbe eingeschlichen haben, befreit werden, um dadurch dem Andauern der Milchkrankheit ein Ende zu machen. Desinfektionsmittel gibt es in großer Anzahl, jedoch müssen wir für unsere Zwecke von allen denjenigen absehen, die nicht leicht zu handhaben oder wegen ihrer Giftigkeit gefahrbringend sind. Am zweckmäßigsten dürfen sich empfehlen: Kalkmilch und auch die vielfach gebrauchten Schwefeldämpfe. Einer jeden Desinfektion soll aber sorgfältige Reinigung der Stallung vorausgehen*). Nachdem man die Tiere herausgenommen, soll aller Schmutz entfernt, Wände, Decke und Boden abgekratzt und mit Bürste und Wasser energisch behandelt werden. Dann erst soll zur eigentlichen Desinfektion geschritten werden.

Nach Versuchen von De Giaxa und Cronberg lassen sich bakterienhaltige Wände und Böden sehr gut keimfrei machen, wenn man sie mit einer konzentrierten Kalkmilch übertüncht. Nur ganz besonders widerstandsfähige Bakterienarten überleben diese Prozedur. Das Verfahren ist sehr einfach. Man löscht etwas Kalk mit wenig Wasser, und vermischt denselben mit etwa vier Teilen Wasser (20 %ige Kalkmilch). Damit bestreicht man Wände, Decke und Boden, natürlich auch nur nach vorausgegangener Reinigung**).

Wird Schwefel verbrannt, so müssen natürlich alle Öffnungen und Spalten, durch welche die Dämpfe entweichen könnten, sorgfältig

---

*) Eine der Desinfektion vorausgehende Reinigung wäre jedoch in Fällen, in welchen es sich nicht wie hier um Erreger von bloßen Milchkrankheiten, die der Umgebung keine Gefahr bringen, sondern um Erreger gefährlicher Tierseuchen oder von kontagiösen Krankheiten, nicht am Platze, denn dadurch könnten dieselben weiter verschleppt werden (durch die Luft oder das Waschwasser). Hier soll gleich mit der eigentlichen Desinfektion begonnen werden und zwar in energischer Weise.

**) In neuerer Zeit bedient man sich auch mit großem Erfolge zu Desinfektionszwecken der Formaldehyddämpfe. Mit denselben kann man selbst Milzbrandsporen in 24 St. mit Sicherheit abtöten. Die hierzu erforderlichen Apparate sind indessen auf dem Land nicht überall zur Hand; auch müssen die zu desinfizierenden Räumlichkeiten hermetisch verschließbar sein, was bei Stallungen nur selten der Fall sein wird. Am praktischsten wird daher bis auf Weiteres die Desinfektion mit Kalkmilch sein.

Digitized by Google

verklebt werden. Die zu verbrennende Quantität Schwefel muß nicht zu niedrig bemessen werden. Nach Laboratoriumsversuchen von Thoinot u. A. sind zur Abtötung von Bakterienkulturen meist Dosen von 50 bis 60 g per Kubikmeter erforderlich, nach meiner Erfahrung indessen leistet in der Praxis, wenn schon durch die mechanische Reinigung die größere Zahl der Infektionserreger beseitigt worden ist, eine Dosis von 10 g per Kubikmeter gute Dienste. Am besten wird der Schwefel in einer eisernen Pfanne verbrannt; sog. Stangenschwefel wird zerkleinert und mit etwas Holz und Papier in der Pfanne angezündet. Sobald dieses geschehen, ist auch die Türe zu verschließen und zu verkleben und muß dann mindestens 12—24 St. zugewartet werden. Während dieser Zeit hat man die Tiere, an denen jedenfalls auch viele Infektionserreger anhaften, sorgfältig zu reinigen, besonders die Füße, und zwar mit Bürste und Sodawasser. Auch die Kleider des Melkers sollte man gut reinigen, ebenso die Milchgefäße mit siedendem Wasser mehrmals ausspülen. Nach vollendeter Desinfektion wird der Stall gut gelüftet und kann nun wieder benutzt werden.

In Käsereien und Molkereien mit Dampfbetrieb kann zum Desinfizieren der Gefäße und Geräte statt kochendem Wasser auch Dampf, und zwar möglichst heiß, mit Erfolg gebraucht werden.

Die angegebenen Verfahren dürften wohl in den meisten Fällen ausreichen und wir glauben daher uns auf diese allgemeinen Vorschriften beschränken zu können. Sollten in einem Spezialfalle Änderungen im Verfahren erforderlich erscheinen, so wird sich dieses wohl von selbst ergeben.

Möge nun vorliegendes Büchlein dazu beitragen, eine richtige Erkenntnis des Wesens der häufigsten Milchfehler zu verbreiten und den Beteiligten bei der Verhütung und Bekämpfung derselben von einigem Nutzen sein.

Tafelerklärung.

Fig. 1. Bacterium lactis acidi (Peptonschottenagarkultur). Vergr. 1000 : 1.

Fig. 2. Bacillus casei α (Peptonschottenagarkultur). Vergr. 1000 : 1.

Fig. 3. Bacillus casei ε (Peptonschotteuagarkultur). Vergr. 1000 : 1.

Fig. 4. Bacillus casei δ (Peptonschottenagarkultur). Vergr. 1000 : 1.

Fig. 5. Bacillus casei γ (Peptonschottenagarkultur). Vergr. 1000 : 1.

Fig. 6. Naturlabpräparat. In demselben sieht man Bact. lactis acidi, Bac. ε und Bac. δ. Vergr. 1000 : 1.

Druck von Anton Kämpfe, Jena.

Digitized by Google

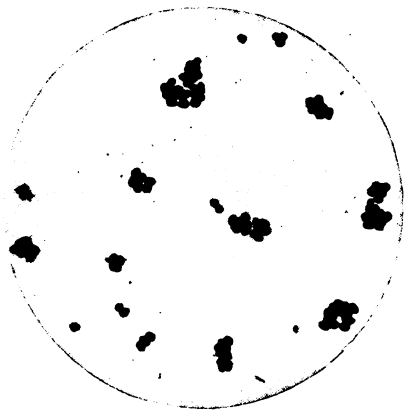


Fig. 1.

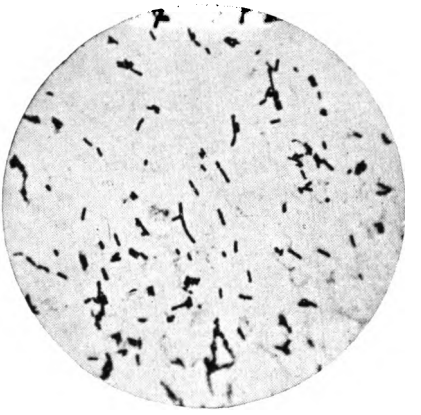


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

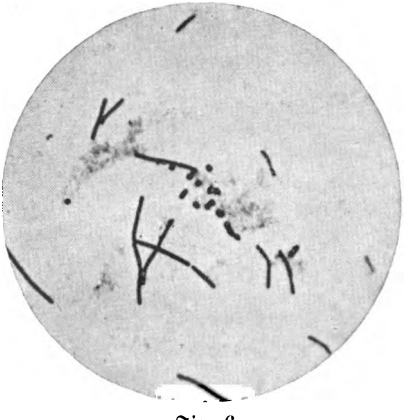


Fig. 6.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

COUNTWAY LIBRARY
HC 1H7A L

9.H.1966.1.
Die Bakteriologie in der Milchw1966
Countway Library BEC3672
3 2044 045 667 698

Digitized by Google

9.H.1906.1.
Die Bakteriologie in der Milc
Countway Library
3 2044 045 66